



БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
ИНСТИТУТ ПО БИОРАЗНООБРАЗИЕ И ЕКОСИСТЕМНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ
ОТДЕЛ РАСТИТЕЛНО И ГЪБНО РАЗНООБРАЗИЕ И РЕСУРСИ

Магдалена Иванова Вълчева

**Състояние и сукцесионни тенденции на растителността по
крайбрежни и вътрешноконтинентални пясъчни дюни в
България**

АВТОРЕФЕРАТ

за придобиване на научна и образователна степен “Доктор”

Научна специалност: 02.22.01 “Екология и опазване на екосистемите”

Научен ръководител: проф. д-р Ива Апостолова

Научен консултант: доц. д-р Десислава Сопотлиева

София

Декември 2021

Дисертационният труд е разработен в рамките на редовна докторантура в Института по биоразнообразие и екосистемни изследвания, БАН.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита на разширено заседание на Научния колегиум на отдел „Растително и гъбно разнообразие и ресурси” при Институт по биоразнообразие и екосистемни изследвания, БАН, състояло се на 17 ноември 2021 г.

Дисертационният труд е с общ обем от 138 страници и съдържа 9 основни раздела (от които 4 са публикуваните по темата на дисертацията научни статии), включително 14 таблици и 19 фигури. Списъкът на цитираната литература съдържа 133 заглавия, 115 от които на латиница и 18 на кирилица.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на г. от часа
в....., на открито заседание на петчленно Научно жури
в състав:

Проф. д-р Ива Апостолова (ИБЕИ-БАН)

Проф. д-р Светлана Банчева (ИБЕИ-БАН)

Проф. д-р Росен Цонев (Биологически факултет – СУ „Св. Климент Охридски“)

Проф. д-р Майя Стойнева (Биологически факултет – СУ „Св. Климент Охридски“)

Доц. д-р Ана Петрова (ИБЕИ-БАН, пенсионер)

Съдържание

| | |
|--|----|
| Увод..... | 4 |
| Крайбрежни дюни..... | 4 |
| Вътрешноконтинентални дюни | 5 |
| Цел и задачи | 6 |
| Изследователски подход и методи | 7 |
| Резултати..... | 11 |
| Актуално състояние и исторически преглед на крайбрежната дюнна флора на България | 11 |
| Подценявана ли е заплахата от навлизане на непсамофитни видове в пясъчните дюни? - пилотно проучване от Западнопонтийското крайбрежие | 13 |
| Характеристики на растителността и сукцесионни тенденции на дюнните местообитания по българското Черноморско крайбрежие..... | 15 |
| Актуално флористично разнообразие и характеристики на растителността на природно местообитание 2340* Панонски вътрешноконтинентални дюни в България – принос към оценката на природозащитното му състояние | 19 |
| Обобщение и изводи | 21 |
| Крайбрежни дюни..... | 21 |
| Вътрешноконтинентални дюни | 26 |
| Приноси..... | 29 |
| Списък на научните трудове по темата на дисертацията и цитиранията по тях | 30 |
| Списък на участията в научни форуми, отразяващи изследванията по дисертацията | 31 |

Увод

Опазването на ценните и уязвими дюнни местообитания изисква тяхното проучване и разбиране на протичащите във времето процеси, за да се формира основата на адекватни дейности по опазване и стратегии за управление. Управлението и опазването на дюнните местообитания поставят сериозно предизвикателство пред много европейски страни (Martínez et al. 2004, Schlacher et al. 2008), именно за това всички дюнни местообитания в Европа са под защита, включени в Приложение I на Директивата за местообитанията (Council Directive 92/43/EEC).

Крайбрежни дюни

Като преходни екосистеми между сушата и морето, крайбрежните дюни са уникални местообитания, разпространени в почти всички географски ширини, при широк спектър от климатични и геоложки условия (Maun 2009), характеризиращи се с високо разнообразие по отношение на хетерогенността на околната среда и вариацията в видовия състав (Van der Maarel 2003, Martinez and Psuty 2004). Градиентът в проявлението на факторите на околната среда, характерен за крайбрежните дюни, позволява развитието на различни растителни съобщества на сравнително малка територия (Ranwell 1972, Frederiksen et al. 2006).

В Европа от 1900 г. насам е регистрирана загуба на 25% от крайбрежните пясъчни дюни, а други 55% от тях са загубили естествения си характер (Delbaere 1998). Структурата и функциите на крайбрежните зони се променят от постоянно разрастващия се туризъм, нарастване на урбанизираните територии, селскостопански дейности и залесяване (Alados et al. 2004, Hesp and Martinez 2007, Malavasi et al. 2013, Šilc et al. 2020).

Заплахите, докладвани за крайбрежните пясъчни дюни на европейско ниво, като: урбанизация, незаконен добив на материали, антропогенен натиск, замърсяване и инвазивни видове (Defeo et al. 2009, Malavasi et al. 2014), са документирани и за дюните по българското Черноморие (National prioritised action framework for Natura 2000, 2014, Gussev 2015, Tzonev 2015a-e; Tzonev and Gussev 2015). Освен на европейско ниво, крайбрежните пясъчни дюни се считат за консервационно значими и на национално ниво – те са включени

в Приложение 1 на Закона за биологичното разнообразие, както и в Червена книга на Република България (Том III Природни местообитания).

Псамофитите са типичните за пясъчните дюни растения, които са развили множество адаптивни стратегии и имащи висока степен на функционално разнообразие (Ciccarelli 2015). Те оцеляват в специфична среда с екстремни условия, като затрупване с пясък и подвижност на субстрата, високи температури, соленост на почвата и дефицит на хранителни вещества, интензивна радиация и силни ветрове (Hesp 1991). Псамофитните съобщества предоставят добра възможност за анализ на растителната сукцесия, тъй като промените в тях често протичат бързо (Prisco et al. 2016), и затова крайбрежните дюни са сред първите местообитания, изследвани по отношение на тези процеси (Cowles 1899, Clements 1916, 1928, Olson 1958).

Съществуват значителен брой проучвания за присъствието и влиянието на инвазивните растителни видове в крайбрежните екосистеми (Sobrino et al. 2002, Campos et al. 2004, 2013, Lloret et al. 2005, Acosta et al. 2006, 2008, García Gallo et al. 2008, Carboni et al. 2010, Stanisci et al. 2010, Farris et al. 2013, Asensi et al. 2016, Giulio et al. 2020), но за съжаление, те не са единственият рисков фактор за псамофитна растителност. Естествените и антропогенно повлияни процеси на стабилизиране на пясъчните дюни, придружени от натрупване на органика в почвата, биха могли да създадат благоприятни условия за навлизане не само на чужди, но и на местни непсамофитни които не са характерни за крайбрежните пясъчни дюни. Ограничен брой проучвания разглеждат този проблем (Castillo and Moreno-Casasola 1996, Nielsen et al. 2011), но той е важен, тъй като наличието на непсамофитни видове може да причини промени в структурата и функциите на крайбрежните дюни екосистеми. За територията на България все още няма проучвания относно сукцесионните тенденции, причинени от непсамофитите.

Вътрешноконтинентални дюни

Като изключим крайбрежните пясъчни дюни, големи пясъчни натрупвания в Европа са се образували главно в долините на големите реки като Елба, Емс, Рейн, Дунав, Висла, Одер, Везер и др. (Pyritz 1972). Освен в Северна Европа, големи територии с вътрешноконтинентални дюни има в Среднодунавската низина, на територията на Унгария,

Чехия, Словакия, Румъния, Хърватия и Сърбия (Ćuk 2019). Вътрешноконтиненталните дюни в Европа днес се характеризират с разнообразие от растителни съобщества – от пионерни, бедни на видове съобщества, през отворена тревна растителност, до различни видове рудерална растителност и дори монокултури на *Pinus sylvestris* (Valachovič 2002; Fischer 2004; Hršak 2004; Lájér 2005; Butorac and Panjković 2013; Mesterházy and Király 2014; Sewerniak and Jankowski 2017; Ćuk et al. 2019). Тази хетерогенност е резултат от различните екологични условия в различните региони, и още повече от разнообразието и различните комбинации от антропогенни влияния.

Панонските вътрешноконтинентални дюни са включени в Приложение I на Директивата за местообитанията (Council Directive 92/43/ЕЕС) като „приоритетно“ местообитание 2340*. Редица заплахи с голямо значение за това местообитание са докладвани на европейско ниво, като залесяване, изоставяне на обработваеми, инвазивни чужди видове, проблемни местни видове и растителна сукцесия. Към момента това местообитание е защитено в 22 зони от мрежата Натура 2000 в Австрия (1), България (5), Хърватия (2), Унгария (5), Румъния (1) и Словакия (8) (ЕЕА <https://eunis.eea.europa.eu/habitats/10060>).

Вътрешноконтиненталните дюни са с висока консервационна значимост и на национално ниво – местообитание 2340* е включено в Приложение 1 на Закона за биологичното разнообразие, а в Червена книга на Република България (Том III Природни местообитания) е посочено като „критично застрашено“ местообитание под код 13Е1 Дунавски пясъчни дюни и гредове от пясъчлив лъос (Tzonev 2015f).

Високата консервационна значимост и липсата на подробно проучване на флората, растителността и екологията на панонските вътрешноконтинентални дюни в България мотивира настоящото изследване.

Цел и задачи

Целта на изследването е да се установи настоящото флористично разнообразие и специфики на растителността, както на крайбрежните пясъчни дюни, така и на панонските вътрешноконтинентални дюни в България, да се анализира взаимовръзката между растителността на пясъчните дюни и определени фактори на околната среда и да се

установи съществуват ли сукцесионни тенденции, имащи неблагоприятен ефект върху биоразнообразието на псамофитната растителност.

За реализиране на поставената цел са формулирани следните основни задачи:

1. Да се направи систематичен преглед на флористичното разнообразие на българските черноморски пясъчни дюни, на базата на собствени проучвания и съществуващи литературни данни.
2. Да се класифицират всички установени висши растения за пясъчни дюни като типични псамофити или непсамофитни видове и последните да се групират както следва: плевели и рудерали; видове характерни за тревни и храстови съобщества; горски видове, чужди (включително инвазивни) видове.
3. Да се определят актуалните характеристики на растителността на ембрионалните, белите и сивите дюни по отношение на видовото богатство и покритието на типичните псамофити и различните непсамофитни групи растения.
4. Да се анализира доколко видовото богатство и покритието на различните групи растения корелират с определени фактори на околната среда (рН и ЕС на почвата, отстояние от морето, площ на различните категории земно покритие в прилежащите територии).
5. Да се установят сукцесионни тенденции свързани с промяна на видовото богатство и покритието на типичните псамофити и различните непсамофитни видове на базата на собствени и съществуващи литературни данни.
6. Да се установи настоящото флористично разнообразие на панонските вътрешноконтинентални дюни в България и да се класифицират всички установени висши растения като типични или нетипични видове за местообитанието.
7. Да се установят съвременните екологични и синтаксономични характеристики на панонските вътрешноконтинентални дюни.

Изследователски подход и методи

Първата глава на дисертацията е посветена на първия по рода си преглед на флористичното разнообразие на българските крайбрежни дюни от гледна точка на наличието на типични псамофитни и непсамофитни растителни видове. Всички налични

литературни източници са използвани за съставянето на списък на висшите растения, регистрирани за българските крайбрежни дюни между 1905 и 2016 г. За да се разкрие настоящото флористично разнообразие на псамофитните съобщества от българското Черноморие бяха избрани 12 представителни дюнни комплекса. Техния избор беше мотивиран от необходимостта да заемат достатъчно обширни крайбрежни зони и да включват трите остовни и широко разпространени местообитания – ембрионални, бели и сиви дюни, тъй като те формират съществената част от тези големи дюнни комплекси и по този начин позволяват реализирането на предвидената експериментална постановка. Изследването, представено в първа глава, съответства на **задачи 1, 2, 3 и 5**.

Акцентът във **втора глава** е върху крайбрежната зона южно от устието на река Камчия, където се намира един от най-големите и представителни дюнни комплекси в България. Това пилотно проучване, което разглежда наличието на непсамофити и тяхното значение за структурата и функциите на крайбрежната дюнна растителност, има за цел да установи доколко различните типове дюнни местообитания са повлияни от навлизането на непсамофити и има ли тенденция към нарастване на броя им в краткосрочен план. Проучването в втора глава кореспондира със **задачи 3 и 5**.

Трета глава представя съвременните характеристики на растителността на дюнните местообитания по българското крайбрежие по отношение на видово богатство и покритие на типичните псамофити и различни непсамофитни групи растения, като се основава на данни, събрани в рамките на разработваната дисертация, от 12-те избрани дюнни комплекса. Проучването има за цел да установи има ли сукцесионни тенденции, влияещи върху покритието на псамофитите и различните непсамофитни видове растения и да анализира как те са свързани с определени фактори на околната среда. Представеното изследване в трета глава съответства на **задачи 3, 4 и 5**.

Четвърта глава акцентира върху актуалното флористично разнообразие, растителна синтаксономия и екология на панонските вътрешноконтинентални дюни в България. Данните са събрани от 5 локации, където беше потвърдено присъствието на местообитанието, след посещението на петте зони от българската мрежа Натура 2000, както и някои важни зони за растенията (ПА) за България, за които има данни за наличието на вътрешноконтинентални дюни. Проучването в четвърта глава кореспондира със **задачи 6 и 7**.

Публикациите в тези четири глави се основават на **три оригинални набора от данни**, свързани със следния **методичен подход**:

Набор от данни 1 (първа и трета глава)

Данните се състоят от 154 фитоценологични описания от ембрионални, бели и сиви дюни (5×5 м), събрани от 12 представителни дюнни комплекса (Св. Анна; Дуранкулак; Крапец; Шабла; Балтата; Камчийски пясъци и Шкорпиловци; Слънчев бряг; Каваци и Смокиня; Алепу; Аркутино; ММЦ; Корал) през юли и август 2017 г. От всички пробни площадки 102 са разположени по протежение на 17 трансекта, перпендикулярни на морския бряг, (20m разстояние между площадките), а останалите 52 площадки – в типични участъци от изследваните дюнни местообитания, присъстващи в съответната дюнна система. Всички висши растения, мъхове и лишей, както и тяхното проективно покритие са отчетени за всяка площадка. Проба от пясъчния субстрат беше събрана от всяка площадка от трансектите и беше подложена на анализи за рН и електропроводимост (ЕС).

Въз основа на този набор от данни и съществуващите литературни такива е съставен пълен списък на висшите растения регистрирани на пясъчните дюни по българското Черноморие от началото на миналия век и е определена принадлежността на видовете към една от следните групи: псамофити; плевели и рудерали; видове характерни за тревни и храстови съобщества; горски видове; чужди (включително инвазивни) видове.

За да се проследят промените във видовото богатство и покритието на определените растителни групи във времето, беше направено сравнение между литературни данни от 2003 (Tzonev et al. 2005) (86 фитоценологични описания с размер 25 m^2) и оригиналните данни от 2017 г. (същият брой описания – 7 от ембрионални, 19 от бели и 60 от сиви дюни – от същата или най-близката възможна локация).

За да се анализира корелацията между характеристиките на растителността на пясъчните дюни и характера на ландшафта в прилежащите територии, заеманата площ от различните категории земно покритие беше изчислена в 1-километров кръгов буфер около началната точка на всеки трансект за годините 2006, 2011 и 2017 г.

Приложените статистически анализи за този набор от данни включват: test for normality (Kolmogorov-Smirnov); non-parametric Kruskal-Wallis ANOVA; Spearman Rank

Order Correlations; Regressions; ANOSIM (Analysis of similarities); SIMPER (Similarity percentages).

Набор от данни 2 (втора глава)

Данните са събрани от един от най-големите дюнни комплекси в България, разположен южно от устието на река Камчия, през вегетационните сезони на 2013, 2014 и 2015 г. Направени са общо 162 фитоценологични описания (5×5 м) от ембрионални, бели и сиви дюни. Площадките са разположени по протежение на 12 трансекта, перпендикулярни на морския бряг (за всеки трансект са предвидени 3 площадки в сиви, 2 в бели и 1 в ембрионални дюни). Всички висши растения и тяхното проективно покритие са отчетени в всяка площадка. Всички регистрирани видове са групирани в една от следните групи: псамофити; плевели и рудерали; видове характерни за тревни и храстови съобщества; горски видове; чужди (включително инвазивни) видове.

Приложените статистически анализи за този набор от данни включват: one-way analyses of variance (ANOVAs); Tukey's HSD post hoc test; ANOSIM (Analysis of similarities); SIMPER (Similarity percentages).

Набор от данни 3 (четвърта глава)

Данни за панонските вътрешноконтинентални дюни (35 фитоценологични описания – 25м²) са събрани от 5 локации в Северозападна България (Орсоя, Цибър, Карабоаз, Персина, Винарово) между май и юли 2018 г. Всички висши растения и мъхове, както и тяхното проективно покритие са отчетени за всяка площадка. Събрани са почвени проби, подложени на анализи на основни почвени показатели (рН, мин-N, P₂O₅, K₂O, хумус). Всички регистрирани висши растения са класифицирани като типични, или като нетипични растителни видове за местообитанието.

Приложените статистически анализи за този набор от данни включват: TWINSpan; Spearman Rank Order Correlations; Regressions; SIMPER (Similarity percentages).

Резултати

Актуално състояние и исторически преглед на крайбрежната дюнна флора на България

Съставеният пълен списък на висшите растения, разпространени по българските крайбрежни дюни, на базата на собствени и литературни данни, се състои от 501 вида, а списъкът, базиран само на наличната литература – от 407 вида (Таблица 1). Делът на регистрираните типични крайбрежни псамофити варира между наблюдаваните периоди – той е по-малък след 1990 г. в сравнение с предишните 2 периода. Псамофитите са най-многобройната група само за периода 1951 – 1990 г. (Таблица 1).

Таблица 1. Брой видове в различните групи растения и процентният им дял от общото видово богатство за всеки изследван период.

| Период | псамофити | | плевели и рудерали | | тревни и храстови видове | | горски растения | | чужди (и инвазивни) видове | | Всички видове |
|-------------|-------------|----|--------------------|----|--------------------------|----|-----------------|---|----------------------------|---|---------------|
| | Брой видове | % | Брой видове | % | Брой видове | % | Брой видове | % | Брой видове | % | Общо вида |
| | | | | | | | | | | | |
| 1905 – 1950 | 54 | 35 | 15 | 10 | 72 | 46 | 8 | 5 | 6 | 4 | 155 |
| 1951 – 1990 | 39 | 52 | 4 | 5 | 30 | 40 | 1 | 1 | 1 | 1 | 75 |
| 1991 – 2016 | 61 | 18 | 50 | 15 | 194 | 56 | 12 | 3 | 27 | 8 | 344 |
| 1905 – 2016 | 70 | 17 | 59 | 14 | 232 | 57 | 17 | 4 | 29 | 7 | 407 |
| 2017 | 48 | 18 | 41 | 15 | 142 | 53 | 20 | 7 | 20 | 7 | 269 |
| 1905 – 2017 | 72 | 14 | 65 | 13 | 299 | 60 | 31 | 6 | 34 | 7 | 501 |

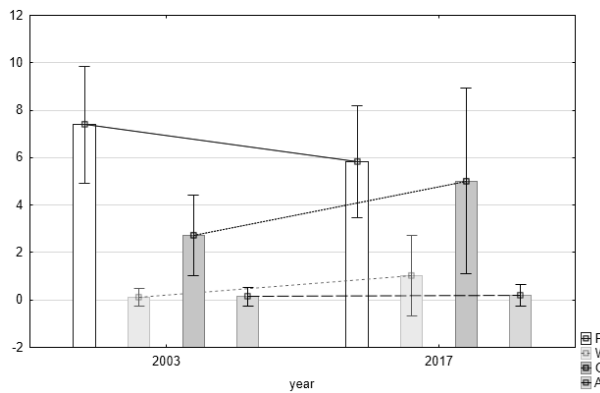
Общо 47 растения от съставеният пълен списък са консервационно значими: 42 вида са включени в Българския Червен списък на висшите растения (критично застрашени–7; застрашени–23; уязвими–12), 34 са защитени от Закона за биологичното разнообразие, 5 са балкански ендемити и 3 вида са включени в приложение I на Бернската конвенция.

Сравнението на данните от 2003 и 2017 г. разкри значителна разлика във видовото богатство регистрирано в площадките: 77 вида висши растения са установени в площадките през 2003 г. и 155 вида – в площадките през 2017 г.

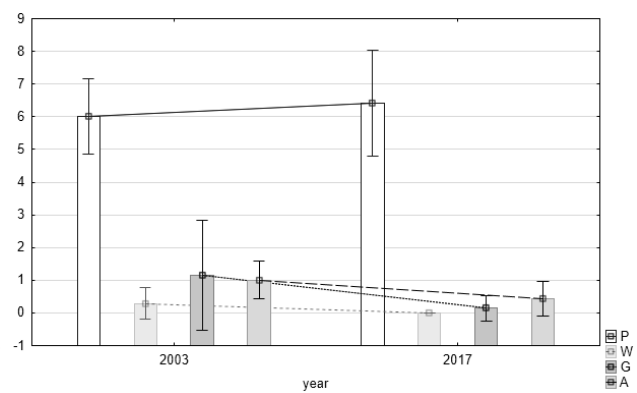
Видовото богатство на псамофитите в ембрионалните и белите дюни остава стабилно във времето (Фигура 1b, c), но намалява в сивите дюни през 2017 г. (Фигура 1d). Средният брой тревни и храстови видове се увеличава във всички типове дюни през изследвания период (Фигура 1b-d). Видовото богатство на чуждите (включително инвазивни) растения, макар и ниско, остава стабилно в изследваните дюнни местообитания (Фигура 1a-d).

Фигура 1. Динамика на средното видово богатство (колони) и стандартното отклонение (мустаци) на различните групи видове (кодирани по следния начин: P – псамофити, W – плевели и рудерали, G – растения, типични за тревни и храстови съобщества, A – чужди (включително инвазивни) видове) между 2003 и 2017 г. за: а) всички проучени дюнни местообитания; б) ембрионални дюни; в) бели дюни; д) сиви дюни.

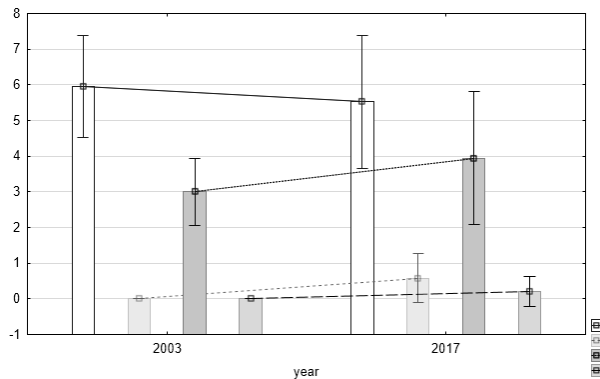
a)



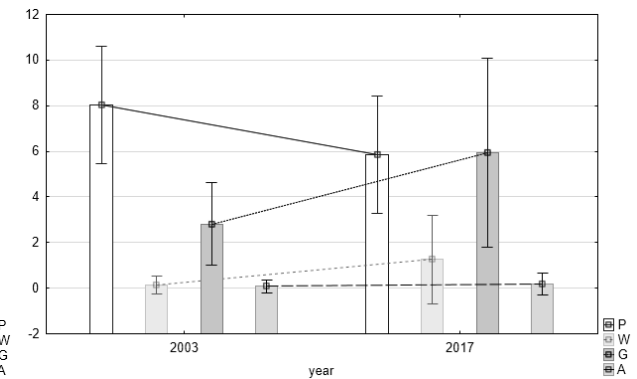
b)



c)



d)



Подценявана ли е заплахата от навлизане на несамофитни видове в пясъчните дюни? - пилотно проучване от Западнопонтийското крайбрежие

Общо 207 висши растения са регистрирани в проучения Камчийски дюнен комплекс, като 22 от тях са конзервационно значими видове, както следва: 20 вида са включени в Български Червен списък на висшите растения (критично застрашен-1; застрашени-13; уязвими-6), 13 са защитени от Закона за биологичното разнообразие, 4 вида са балкански ендемити и 3 вида са включени в Приложение I на Бернската конвенция.

Резултатите разкриват значителна разлика между трите изследвани типа дюнни местообитания (Таблица 2), както по отношение на видовото богатство, така и по отношение на покритието на определени групи видове (с изключение на покритието на чужди и горски растения). Сивите дюни се отличават от белите и ембрионалните дюни по почти всички анализирани параметри. Те са с най-голямо общо видово богатство, както и по присъствие на плевели и рудерали и горски видове. Въпреки най-ниското видово богатство на псамофитите в сивите дюни, покритието им е значително (сравнимо с това в белите дюни) и е почти равно на покритието на групата на тревните и храстови видове.

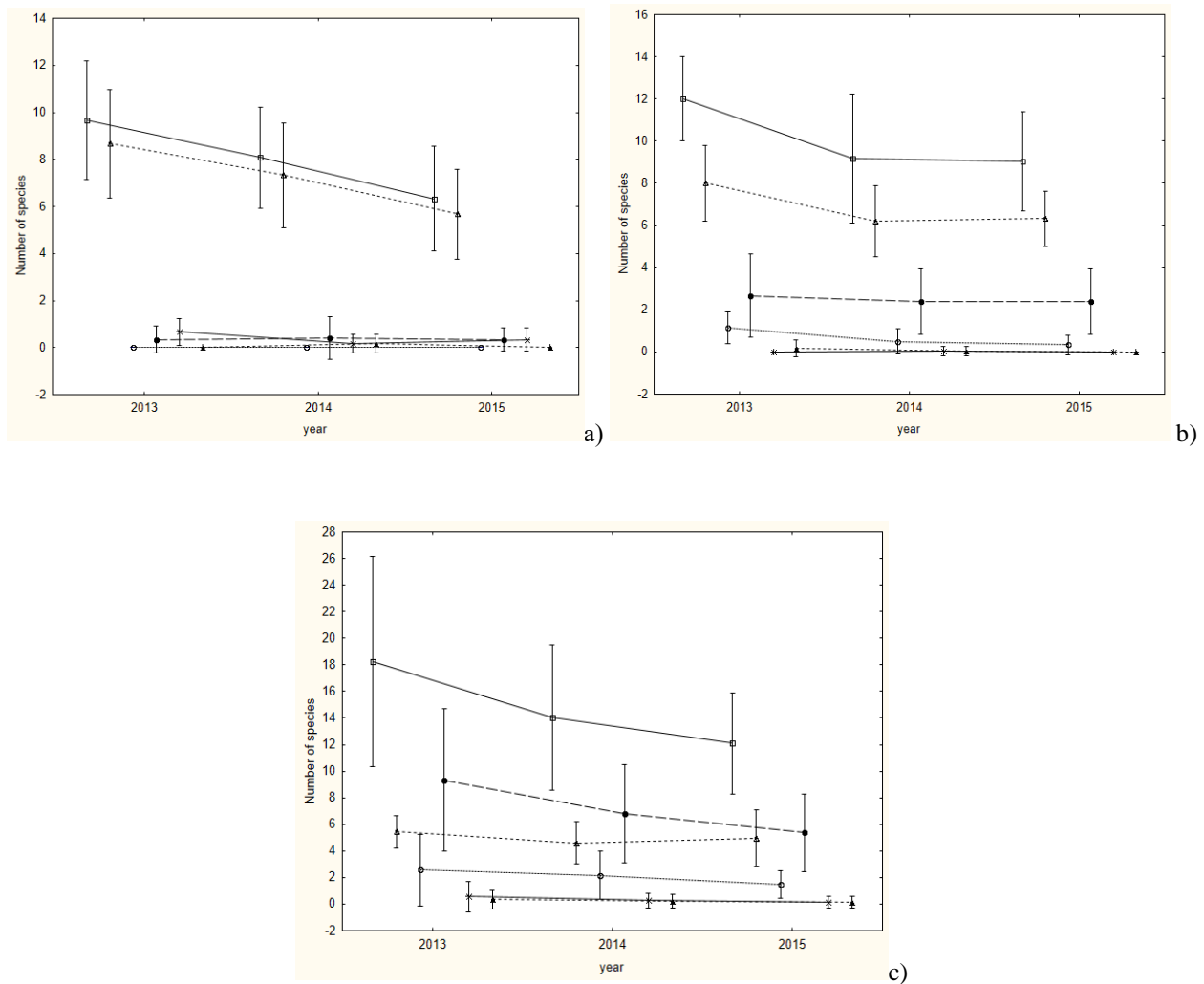
Таблица 2 Характеристики на изследваните дюнни местообитания. Дадени са средни стойности и стандартни отклонения. Различните букви показват статистически значими различия между местообитанията при $\alpha = 0,05$ Turkey's HSD test; p -стойности от ANOVAs

| Параметър | Ембрионални дюни | Бели дюни | Сиви дюни | p |
|--|-----------------------|------------------------|-------------------------|--------|
| | Брой площадки | 27 | 54 | 81 |
| Общо видово богатство | 7.5±2.4 ^a | 9.4±2.8 ^a | 13.6±5.4 ^b | ≤0.001 |
| Видово богатство на псамофити | 6.7±2.3 ^b | 6.5±1.6 ^b | 4.8±1.8 ^a | ≤0.001 |
| Видово богатство на плевели и рудерали | 0.0±0.0 ^a | 0.5±0.6 ^a | 1.9±1.7 ^b | ≤0.001 |
| Видово богатство на тревни и храстови видове | 0.4±0.7 ^a | 2.4±1.6 ^b | 6.4±3.7 ^c | ≤0.001 |
| Видово богатство на чужди видове | 0.3±0.5 ^b | 0.0±0.1 ^a | 0.2±0.6 ^{ab} | 0.01 |
| Видово богатство на горски видове | 0.1±0.3 ^a | 0.0±0.2 ^a | 0.2±0.5 ^a | 0.043 |
| Общо проективно покритие (%) | 18.7±7.8 ^a | 39.3±11.6 ^b | 75.96±17.3 ^c | ≤0.001 |
| Покритие на открит пясък (%) | 81.3±7.8 ^c | 60.7±11.6 ^b | 24.04±17.3 ^a | ≤0.001 |
| Покритие на псамофити (%) | 18.2±6.8 ^a | 32.9±9.8 ^b | 33.6±20.1 ^b | ≤0.001 |
| Покритие на плевели и рудерали (%) | 0.0±0.0 ^a | 1.4±3.0 ^a | 7.2±9.2 ^b | ≤0.001 |
| Покритие на тревни и храстови видове (%) | 0.8±2.2 ^a | 5.1±5.0 ^a | 33.5±21.4 ^b | ≤0.001 |
| Покритие на чужди видове (%) | 0.3±0.6 | 0.0±0.1 | 0.7±2.4 | 0.055 |
| Покритие на горски видове (%) | 0.1±0.4 | 0.1±0.4 | 0.3±0.9 | 0.365 |

Сравнението на данните събрани от пробните площадки през 2013-2015 г. показва, че средният брой на видовете като цяло, и особено броя псамофити, намалява с времето. (Фигура 2). В ембрионалните дюни се наблюдава значително намаляне на видовото богатство на псамофитите, но покритието им остава стабилно във времето. Видовете характерни за тревни и храстови съобщества са най-многобройната група в сивите дюни за трите години на проучването (Фигура 2c). Видовото богатство и покритието на плевелите и рудералите, макар и ниско, се запазва стабилно в различните местообитания през годините.

Фигура 2 Динамика на богатството на видове от различните групи между 2013-2015 г. за: а) ембрионни дюни; б) бели дюни; с) сиви дюни

Показани са средни стойности и стандартно отклонение, като символите са както следва: □ - Общо видово богатство, Δ - псамофити, ● – тревни и храстови видове, ○ – плевели и рудерали, * - чужди видове, ▲ - горски видове



Характеристики на растителността и сукцесионни тенденции на дюнните местообитания по българското Черноморско крайбрежие

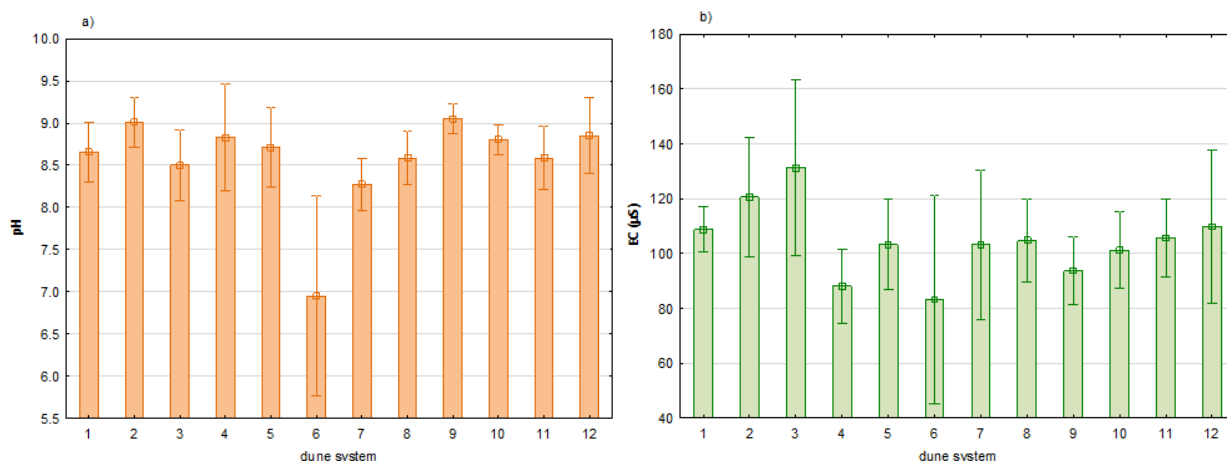
Общо 269 висши растения бяха регистрирани в 12-те избрани дюнни комплекса. Сред тях 48 вида са псамофити, 41 са плевели и рудерали, 142 са видове характерни за тревни и храстови местообитания, 20 са горски и 20 са чужди (включително инвазивни) вида. Бяха установени и 12 вида мъхове и 5 вида лишеи. Докато видовото богатство на псамофитите не се различава много сред различните типове дюни, покритието им варира значително – най-високи стойности са регистрирани в сивите, а най-ниски в ембрионните дюни (Таблица 3). Богатството на видовете и покритието на непсамофитните видове е най-високо в сивите дюни и намаля в белите и ембрионалните дюни (Таблица 3).

Таблица 3. Характеристики на изследваните дюнни местообитания. Дадени са средни стойности и стандартни отклонения., *p*-стойности от Kruskal-Wallis ANOVA (*** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$).

| Параметър | Брой площадки | Ембрионални дюни | Бели дюни | Сиви дюни | <i>p</i> |
|--|---------------|------------------|-----------------|-----------------|----------|
| | | 24 (mean±SD) | 42 (mean±SD) | 88 (mean±SD) | |
| Общо видово богатство | | 7.5±2.5 | 10.2±3.2 | 13.0±5.9 | *** |
| Видово богатство на псамофити | | 6.5±2.4 | 6.8±2.3 | 5.3±2.6 | ** |
| Видово богатство на непсамофитни видове | | 1.0±1.0 | 3.4±2.5 | 7.6±5.5 | *** |
| Видово богатство на плевели и рудерали | | 0.3±0.6 | 0.3±0.6 | 1.2±1.7 | ** |
| Видово богатство на тревни и храстови видове | | 0.2±0.4 | 2.9±2.2 | 6.1±4.0 | *** |
| Видово богатство на чужди видове | | 0.5±0.5 | 0.1±0.3 | 0.2±0.5 | *** |
| Видово богатство на горски видове | | 0.0±0.0 | 0.0±0.2 | 0.2±0.4 | * |
| Видово богатство на мъхове и лишеи | | 0.0±0.0 | 0.0±0.2 | 1.4±1.1 | *** |
| Общо проективно покритие (%) | | 14.5±8.2 | 36.4±14.2 | 67.4±24.2 | *** |
| Покритие на псамофити (%) | | 13.2±7.4 | 29.9±12.6 | 33.5±18.9 | *** |
| Покритие на непсамофитни видове (%) | | 1.1±2.2 | 6.8±7.2 | 21.9±26.1 | *** |
| Покритие на плевели и рудерали (%) | | 0.1±0.3 | 0.3±1.0 | 5.2±15.6 | ** |
| Покритие на тревни и храстови видове (%) | | 0.4±1.6 | 6.1±6.8 | 14.3±18.5 | *** |
| Покритие на чужди видове (%) | | 0.6±1.5 | 0.3±1.4 | 1.2±4.7 | ** |
| Покритие на горски видове (%) | | 0.0±0.0 | 0.0±0.2 | 1.2±5.2 | * |
| Покритие на мъхове и лишеи (%) | | 0.0±0.0 | 0.0±0.2 | 28.4±28.8 | *** |
| Покритие на открит пясък (%) | | 85.5±8.2 | 63.6±14.2 | 32.6±24.2 | *** |

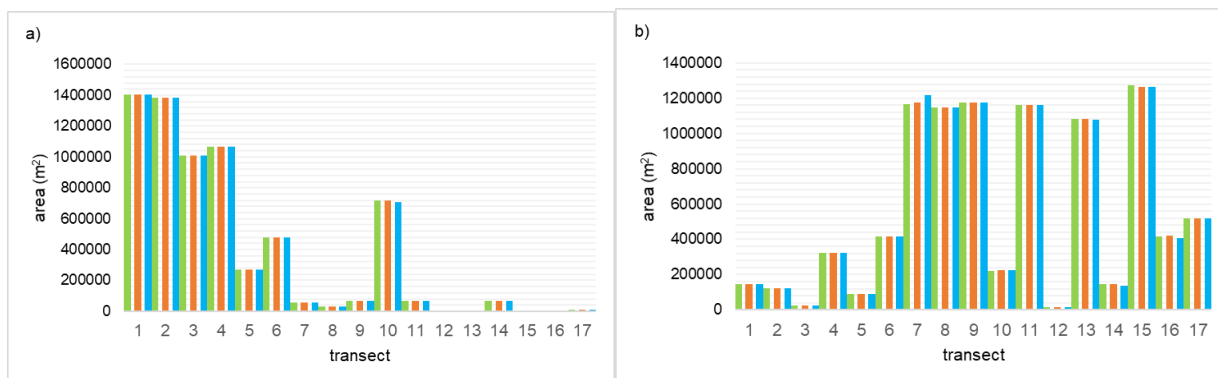
Резултатите от анализите на почвените проби показват, пясъчният субстрат на българските дюни има преобладаващо алкален характер (Фигура 3а). Изключение правят Камчийски пясъци, където реакцията варира от слабо кисела през неутрална до алкална. Установена е много ниска електропроводимост сред изследваните локации, което

свидетелства за бедното минерално съдържание в субстратите. Най-високите стойности по този параметър са измерени за Крапец и Дуранкулак (Фигура 3б).



Фигура 3. Средни стойности и стандартно отклонение на а) рН и б) ЕС в 12-те проучени локации, които са номерирани по следния начин: 1 – Св. Ана; 2 – Дуранкулак; 3 – Крапец; 4 – Шабла; 5 – Балтата; 6 – Камчийски пясъци и Шкорпиловци; 7 – Слънчев бряг; 8 – Каваци и Смокиня; 9 – Алепу; 10 – Аркутино; 11 – ММЦ; 12 – Корал.

Не са установени значителни промени във видовете земеползване в буферите около трансектите за периода 2006 – 2017 г. (Фигура 4а-г). Установено е намаляване на площта на естествените и полустествени тревни съобщества (Фигура 4с) и увеличаване на площта на урбанизираните и антропогенно нарушени територии (Фигура 4е, ф). Резултатите показват по-голям дял на едногодишните култури в буферите от северните дюнни системи (Фигура 4а), докато пътищата и транспортната инфраструктура, както и урбанизираните територии, покриват по-големи площи в буферите от южните (Фигура 4е, ф). Най-значителното намаление на естествените и полустествени тревни съобщества (Фигура 4с) в прилежащите територии е установено в районите на Балтата, Каваци и Смокиня и Алепу.

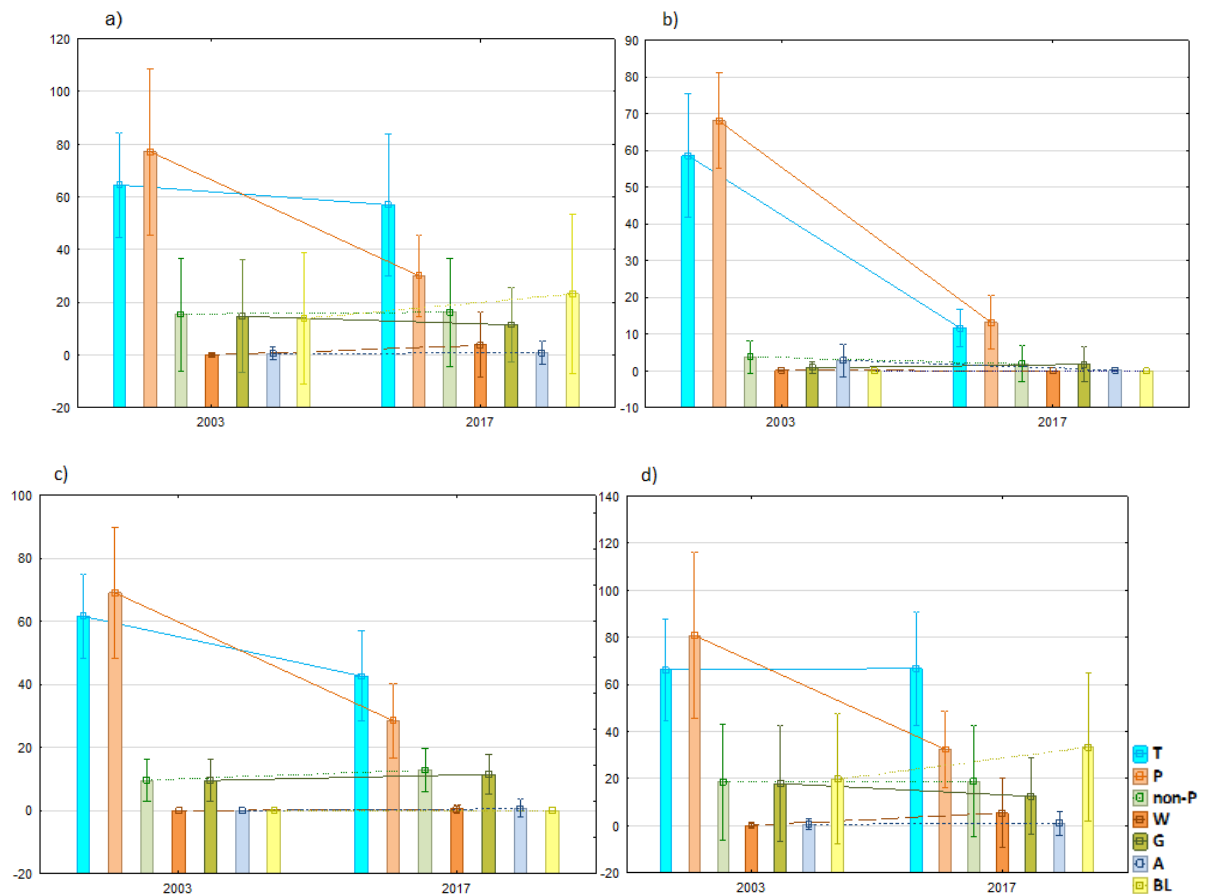




Фигура 4. Промени в различните категории земеползване в прилежащите територии – а) Едногодишни култури, б) Гори, с) Естествени и полуестествени тревни съобщества, д) Многогодишни култури и разнородни земеделски площи, е) Пътища и транспортна инфраструктура, ф) Урбанизирани и антропогенно нарушени територии, г) Водни и влажни зони – за годините 2006, 2011 и 2017, в буферите на 17 трансекта (1 – Св. Ана - север; 2 – Св. Ана - юг; 3 – Дуранкулак; 4 – Крапец; 5 – Шабла - север; 6 – Шабла - юг; 7 – Балтата; 8 – Камчийски пясъци - север; 9 – Камчийски пясъци - юг; 10 – Шкорпиловци - север; 11 – Шкорпиловци - юг; 12 – Слънчев бряг; 13 – Каваци и Смокиня; 14 – Алепу; 15 – Аркутино; 16 – ММЦ; 17 – Корал).

Сравнениено на данните от проучванията през 2003 и 2017 г. показва съществено намаляне в покритието на псамофитите за цялата изследвана територия, за разлика от

останалите групи видове, чието покритие остава относително стабилно (Фигура 5a). В най-силна степен намалява покритието на псамофитите в ембрионалните и белите дюни, където общото проективно покритие на растителността е намаляло във времето (Фигура 5b, c). Общото проективно покритие на растителността в сивите дюни се запазва, но се наблюдава увеличение на покритието от мъхове (Фигура 5d). Покритието на плевели и рудерали, тревни и храстови видове и чужди (включително инвазивни) растения остава стабилно в изследваните дюнни местообитания с течение на времето (Фигура 5a-d).



Фигура 5. Динамика на средното проективно покритие (колони) и стандартно отклонение (мустаци) на различните групи видове (кодирани както следва: T – общо проективно покритие; P – псамофити, non-P – непсамофити; W – плевели и рудерали, G – тревни и храстови видове, A – чужди (включително инвазивни) видове; BL – мъхове и лишей) между пробните площадки от 2003 и 2017 г. за: а) всички типове местообитания; б) ембрионално дюни; в) бели дюни; д) сиви дюни.

Актуално флористично разнообразие и характеристики на растителността на природно местообитание 2340* Панонски вътрешноконтинентални дюни в България – принос към оценката на природозащитното му състояние

Видовото богатство, регистрирано в рамките на природното местообитание 2340 наброява 132 вида цветни растения и 7 вида мъхове. Общото видово богатство и проективно покритие, като и покритието на мъхове варират сред изследваните локации. Средно в една пробна площадка са регистрирани между 17 вида (Персина) и 23 вида (Винарово). Стойностите на общото проективно покритие варират между 69% (Карабоаз) и 84% (Орсоя), а за покритието на мъхове – между 1% (Персина) и 7% (Орсоя). Видовото богатство на типичните и нетипичните групи растения е съизмеримо за Цибър, Орсоя и Винарово, но в Карабоаз и Персина преобладават нетипични растения (Таблица 4). Видовото богатство на мъховете е ниско за всички проучени локации (Таблица 4). Покритието на типичните растения само в Орсоя надвишава покритието на нетипичните растения, което свидетелства за най-доброто състояние на местообитанието в този локалитет. В Карабоаз и Цибър покритието на типичните и нетипичните видове е сравнително еднакво, а във Винарово и Персина преобладава покритието на нетипичните видове (Таблица 4).

Table 4 Обща характеристика на растителността на природно местообитание 2340* от 5 различни локации в България. Дадени са средни стойности и стандартни отклонения.

| Локация | Всички локации | Орсоя | Цибър | Карабоаз | Персина | Винарово |
|--|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Параметър | (mean±SD) | (mean±SD) | (mean±SD) | (mean±SD) | (mean±SD) | (mean±SD) |
| Общо видово богатство | 19.6±4.9 | 20.7±5.0 | 17.5±6.5 | 19.5±4.0 | 16.6±2.7 | 23.5±2.6 |
| Видово богатство на типичните видове | 9.3±2.6 | 10.7±2.8 | 8.7±1.9 | 8.4±1.2 | 6.4±1.1 | 11.3±2.1 |
| Видово богатство на нетипичните видове | 10.3±3.4 | 10.0±2.7 | 8.8±5.0 | 11.1±4.4 | 10.2±1.8 | 12.3±1.0 |
| Видово богатство на мъхове | 0.6±0.7 | 0.8±0.7 | 0.3±0.8 | 0.5±0.5 | 0.4±0.5 | 0.8±1.0 |
| Общо проективно покритие (%) | 79.5±11.3 | 84.7±9.0 | 80.8±8.0 | 69.4±14.3 | 79.0±6.5 | 82.5±10.4 |
| Покритие на типичните видове (%) | 41.6±14.5 | 49.1±14.3 | 44.0±14.4 | 34.5±9.4 | 34.9±14.7 | 38.1±18.4 |
| Покритие на нетипичните видове (%) | 42.7±18.5 | 40.9±15.0 | 42.1±24.5 | 37.7±18.3 | 50.5±16.1 | 49.5±25.7 |
| Покритие на мъхове (%) | 4.7±7.0 | 7.3±7.0 | 1.7±4.1 | 6.0±10.3 | 1.0±1.4 | 3.8±4.8 |
| Покритие на мъртва растителна маса (%) | 16.0±13.9 | 12.1±4.5 | 5.2±2.6 | 37.5±13.4 | 9.6±3.6 | 8.8±2.5 |
| Покритие на открита почва (%) | 8.1±7.2 | 6.5±6.5 | 13.8±8.8 | 3.1±1.2 | 11.4±7.9 | 10.0±7.1 |

Сравнителният анализ на данните от направените фитоценологични описания не потвърди статистически значими разлики сред тях. за Всички 35 описания са отнесени към един тип растителност. Анализът на видовия състав и сравнението му с подобна растителност от съседни страни разкри присъствието на асоциация *Bassia laniflorae-Brometum tectorum*.

Таблица 5 Сравнителна синоптична таблица за асоциация *Bassia laniflorae-Brometum tectorum* (Soó 1938) Bohridi 1996. A – original relevés; B – Soó 1938; C – Ćuk 2019; D – Coldea 2012; E – Eliáš et al. 2016

| | A | B | C | D | E |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|
| Брой описания | 35 | 16 | 10 | 40 | 9 |
| Диагностични видове за асоциацията | | | | | |
| <i>Anisantha tectorum</i> | IV | V | V | V | V |
| <i>Silene conica</i> | IV | II | IV | II | III |
| <i>Bassia laniflora</i> | I | IV | II | IV | V |
| <i>Cynodon dactylon</i> | IV | IV | V | V | V |
| <i>Salsola kali</i> aggr. (<i>S. kali</i> , <i>S. tragus</i>) | I | II | IV | I | III |
| <i>Anthemis ruthenica</i> | - | III | III | IV | - |
| <i>Bassia laniflorae-Bromion tectorum</i> | | | | | |
| <i>Plantago arenaria</i> | II | II | I | III | III |
| <i>Bromus squarrosus</i> | I | II | II | III | I |
| <i>Erysimum diffusum</i> | II | II | II | IV | IV |
| <i>Polygonum arenarium</i> | - | IV | III | II | I |
| <i>Tribulus terrestris</i> | I | - | I | I | I |
| <i>Alyssum turkestanicum</i> | I | - | - | I | - |
| <i>Gypsophila paniculata</i> | I | II | - | - | I |

Резултатите от анализите на събраните почвени проби показват значителна вариация на стойностите както по отношение на проучените параметри, така и сред проучените локации (Таблица 6).

Таблица 6 Основни почвени параметри на местообитание 2340*(средни стойности/стандартно отклонение).

| Локация: | Орсоя | Цибър | Карабоаз | Персина | Винорово | Всички локации | | |
|--|--------------|--------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------------|---------|---------|
| Брой описания: | 12 | 6 | 8 | 5 | 4 | 35 | | |
| Параметър | (mean±SD) | (mean±SD) | (mean±SD) | (mean±SD) | (mean±SD) | (mean±SD) | minimum | maximum |
| pH (H ₂ O) | 7.6±0.5 | 7.5±0.5 | 6.6±0.6 | 6.6±0.9 | 6.7±0.4 | 7.1±0.7 | 5.6 | 8.3 |
| pH (KCl) | 6.9±0.6 | 6.9±0.6 | 5.9±0.7 | 5.9±0.9 | 5.9±0.5 | 6.4±0.8 | 4.7 | 7.8 |
| N Σ N-NH ₄ +NO ₃ (mg/kg) | 6.8±3.0 | 14.0±3.5 | 12.5±3.7 | 8.9±1.9 | 7.4±1.9 | 9.7±4.1 | 2.9 | 20.2 |
| P ₂ O ₅ (mg/100g) | 9.6±5.3 | 8.9±2.6 | 31.1±49.2 | 13.5±9.5 | 8.2±2.9 | 14.8±24.5 | 3.6 | 151.3 |
| K ₂ O (mg/100g) | 14.0±7.3 | 19.8±6.0 | 31.3±19.1 | 18.3±7.8 | 18.3±2.4 | 20.0±12.2 | 6.9 | 73.4 |
| хумус (%) | 3.4±1.3 | 3.3±1.6 | 6.5±2.7 | 5.9±3.1 | 1.2±0.7 | 4.2±2.6 | 0.7 | 11.8 |

Обобщение и изводи

Крайбрежни дюни

Установена е основна група от характерни псамофити, като *Ammophila arenaria*, *Cakile maritima* subsp. *euxina*, *Carex colchica*, *Centaurea arenaria*, *Cionura erecta*, *Cyperus capitatus*, *Elytrigia juncea*, *Eryngium mantimum*, *Euphorbia paralias*, *Euphorbia peplis*, *Glaucium flavum*, *Jurinea kilaea*, *Lactura tatarica*, *Lepidotrichum uechtritizianum*, *Leymus racemosus* subsp. *sabulosus*, *Linum tauricum* subsp. *bulgaricum*, *Lomelosia argentea*, *Medicago marina*, *Pancratium maritimum*, *Peucedanum obtusifolium*, *Plantago arenaria*, *Polygonum maritimum*, *Salsola tragus* subsp. *tragus*, *Silene thymifolia*, *Stachys maritima*, *Trachomitum venetum*, *Tripidium ravennae*), като доказателство, че псамофитната растителност на българските крайбрежни дюни се е запазила във времето, особено в големите дюнни комплекси. Присъствието на псамофити е биоиндикатор за състоянието и степента на нарушеност на дюните, както и показател за тяхната консервационна стойност (García-Mora et al., 2000). Ето защо все още съществуващите примери за дюнни местообитания в България заслужават специално внимание и адекватни и устойчиви мерки за понататъшното им опазване. Бъдещият мониторинг на видовото богатство и покритието на псамофитите може да се основава на резултатите, получени в това проучване.

Друг показател за консервационната стойност на българските черноморски дюни е установеният значителният брой редки и застрашени растения. Важен факт е, че повечето от тях принадлежат към групата на псамофитите, като някои от тях доминират в растителните съобщества. От съществено значение за високата консервационна стойност на изследваните дюнни местообитания е константното присъствие във времето на редки и застрашени псамофитни видове като *Astrodaucus littoralis*, *Calystegia soldanella*, *Centaurea arenaria*, *Convolvulus persicus*, *Corispermum nitidum*, *Cyperus capitatus*, *Elytrigia atherica*, *Eryngium maritimum*, *Euphorbia paralias*, *Euphorbia peplis*, *Festuca vaginata*, *Hypocoum ponticum*, *Lactura tatarica*, *Lepidotrichum uechtritizianum*, *Maresia nana*, *Pancratium maritimum*, *Secale sylvestre*, *Silene euxina*, *Silene thymifolia*, *Stachys maritima*, *Trachomitum venetum*, *Tripidium ravennae*, *Verbascum purpureum*. Резултатите от настоящото проучване показват категоричния потенциал на големите дюнни комплекси, като Камчийски пясъци и

Аркутино, да поддържат популациите на значителен брой редки и застрашени растителни видове. Ето защо тяхната правна защита и опазване трябва да са от първостепенно значение, а решения, като неотдавнашната отмяна на статута на Камчийски пясъци като защитена местност, които явно са против опазването на уникалната псамофитна растителност и пясъчните дюни, трябва да се избягват в бъдеще.

Резултатите от проведеното пилотно проучване на Камчийски пясъци, което разглежда наличието на непсамофити и тяхното значение за структурата и функциите на крайбрежната дюнна растителност, разкриха засилено присъствие на непсамофити, засягащо предимно сивите дюни. Крайбрежната зона, разположена южно от устието на река Камчия съхранява един от най-представителните дюнни комплекси с различни дюнни местообитания и богато флористично разнообразие, характеризиращ се с ограничено наличие на инфраструктура и сравнително слабо антропогенно влияние. Предвид това и разнообразието от установени типични псамофити, включително видове с висока консервационна значимост, този дюнен комплекс би могъл да се разглежда в бъдещи изследвания като добър „индикатор“ за процесите, които засягат крайбрежната дюнна растителност по Българското Черноморско крайбрежие.

Резултатите от проучването на флората и растителността на крайбрежните дюни, включващо данни от 12 дюнни комплекса показват, че докато видовото богатство на псамофити не се различава много в различните типове дюни, тяхното покритие варира значително – най-високо е в сивите дюни, а най-ниско в ембрионалните. Видовото богатство и покритието на непсамофитните видове е най-високо в сивите дюни и намалява в белите и ембрионалните. Най-значително присъствие във всички типове дюни, както като брой видове, така и като покритие, има групата на тревните и храстови видове. Плевелите и рудералите имат значително покритие в сивите дюни, докато броя и покритието на горски и чужди растения са незначителни в изследваните дюнни местообитания. Броя и покритието на лишеите и мъховете са съсредоточени в сивите дюни. Видовото богатство и покритието на непсамофитите, регистрирани в различните типове дюни, може да се използва като индикатор за протичането на определени процеси и промени в изследваните местообитания. Сивите дюни са най-засегнати от навлизането на непсамофитни видове, техният брой преобладава във всички изследвани локации, с едно единствено изключение.

За целия проучен период (1905 – 2017 г.) най-голям дял от видовете имат тревните и храстови видове, но само няколко от тях са константни във времето: *Astragalus onobrichys*, *Chondrilla juncea*, *Cynanchum acutum*, *Elytrigia elongata*, *Ephedra distachya*, *Linaria genistifolia*, *Medicago falcata*, *Paliurus spina-christi*, *Silene conica* и *Teucrium polium*. По-голямата част от видовете от тази конкретна група са регистрирани в крайбрежните дюнни местообитания след 1990 г. Големият брой и значителното покритие на тази група в сивите дюни изглеждат като най-непосредствената заплаха за псамофитната растителност, особено в случай на по-нататъшно стабилизиране на пясъчния субстрат (Wang et al. 2019). Въпреки това, трябва да се отбележи, че присъствието на тревни и храстови видове, типични за класовете *Koelerio-Corynephoretea canescentis* и *Festuco-Brometea*, е характерно за растителността на Черноморските крайбрежни дюни, особено за дюните от северните съюзи, като *Synodonto-Teucrium polii* и *Scabiosion ucranicae*.

Петдесет и девет (от общо 75) плевелни и рудерални вида са споменати в литературата за българските крайбрежни дюни след 1990 г. Единствено *Tribulus terrestris* и *Cynodon dactylon* са константни във времето. Значително присъствие на плевели и рудерали в актуалното проучване на псамофитната растителност е регистрирано само в сивите дюни. През последните няколко десетилетия много крайбрежни зони с пясъчни дюни (особено в северната част на Българското Черноморие) граничат със земеделска земя, а увеличаването на плевелите и рудералните видове може да се обясни с нарастващите територии, заети от едногодишни култури. Това подкрепя предположението на Castillo и Moreno-Casasola (1996), че увеличаването на обработваемите площи и пасищата ще увеличи рудералния компонент и ще промени състава на растителната покривка в сивите дюни. Освен това човешките дейности като цяло благоприятстват наличието на плевели и рудерални видове, много от които произвеждат малки, лесно разпространяващи се семена (Castillo, Moreno-Casasola 1996).

Делът на групата на горските видове, разпространени по българските крайбрежни дюни, е под 6%, като във времето редовно е регистрирана само лианата *Periploca graeca*. Най-значително присъствие на горски видове е регистрирано в три дюнни комплекса – Балтата, Камчийски пясъци и Шкорпиловци и Аркутино, които граничат с гори и където се среща критично застрашеното местообитание „Черноморски облесени дюни” (Tzonev and Gushev, 2015). Горските видове регистрирани през 2017 г. най-често са млади и може да се

предположи, че такива растения няма да оцелеят дълго, тъй като повечето от тях не са добре адаптирани към екологичните условия на пясъчния субстрат.

Присъствието на чужди (включително инвазивни) видове може да се счита за ниско, както по отношение на видовото богатство, така и като покритие. Въпреки това, възможността инвазивните чужди видове да допринесат за развитието на негативни сукцесионни тенденции за псамофитната растителност в бъдеще не трябва да се подценява, като се има предвид техният потенциал да потискат развитието на местните видове и да нарушават баланса в естествената растителност (Gaertner et al. 2009, Mack et al. 2000). Например, единственият чужд вид, причина за негативна сукцесионна тенденция в българските ембрионални дюни, северноамериканският вид *Xanthium orientale* subsp. *italicum*, е споменат от Давидов (1905) като един от „случайните видове“, които не са приспособени към физическите условия на крайбрежните пясъци и се появяват спорадично през годините. Осемдесет години по-късно Doing (1985) посочва този вид като един от най-типичните неофити за южните европейски брегове. През 2017 г. са регистрирани и няколко декоративни вида, които към момента имат установени популации в някои от изследваните дюнни системи, това са *Mahonia aquifolium* (в Слънчев бряг), *Sedum sediforme* (в ММЦ) и *Yucca filamentosa* (в Слънчев бряг и Аркутино), като всички те са регистрирани в сивите дюни.

Сравнението на данни между 2003 и 2017 г. разкрива значителна разлика във видовото богатство между пробните площадки. Средният брой на плевелите и рудералите и особено на тревните и храстови видове нараства във времето. В ембрионалните и белите дюни видовото богатство на псамофитите остава стабилно през годините, но намалява в сивите дюни. Средният брой на тревните и храстови видове се увеличава във всички типове дюни през изследвания период. Установено е съществено изменение в покритието на псамофити за цялата изследвана територия, което с времето намалява наполовина. Констатирано е още по-драстично намаляване на покритието на псамофитите, специално за ембрионалните и белите дюни. Вероятна причина за това е антропогенният натиск. Общото проективно покритие в сивите дюни се запазва, но се наблюдава увеличение на покритието на мъховете. Покритието на плевелите и рудералите, тревните и храстови видове и чуждите (включително инвазивни) растения остава стабилно в изследваните дюнни местообитания с течение на времето. Установените промени засилват убеждението, че повторното

проучване на исторически данни за растителността може да предостави уникална гледна точка за сукцесионните тенденции в растителността във връзка с промените в околната среда (Karfer et al. 2017). В този смисъл събраните данни и получените резултати в настоящото изследване ще бъдат от полза при бъдеща оценка на промените в крайбрежната дюнна растителност по Българското Черноморие.

Резултатите от анализите на почвените проби показват преобладаващия алкален характер на българските крайбрежни дюни, заедно с много ниска ЕС сред изследваните дюни. Възможна причина за по-ниските стойности на рН, измерени само в някои от площадките от Камчийски пясъци, могат да бъдат насажденията от *Pinus pinaster*, които са предимно на възраст 45–50 години, засадени върху сиви дюни (Petrova et al. 2017). Видовото богатство и покритието на тревни и храстови видове и плевели и рудерали се влияят положително от по-високата минерализация (по-високи стойности на ЕС) в сивите дюни.

Резултатите свързани с влиянието на разстоянието от вътрешността към морето върху растителността показват (1) увеличаване на видовото богатство на псамофитите към морето, докато общото проективно покритие и покритието на непсамофитите намаляват; (2) лишейте и мъховете намаляват от вътрешността към морето. Промените в видовото богатство на различните групи се различават между изследваните локации. Наблюдава се по-изразена закономерност в промените на тяхното покритие, при която общото проективно покритие намалява и се увеличава откритият пясък в посока към морето.

Резултатите от корелационния анализ между видовото богатство и покритието на различните групи и площта на различните категории земеползване в буферите на трансектите показват слаба корелация. С увеличаването на площите, заети от едногодишни култури видовото богатство на псамофитите и броя и покритието на лишейте и мъховете намаляват, докато покритието на непсамофитите (предимно плевели и рудерали) се увеличава.

Неблагоприятният характер на установените тенденции за растителността на крайбрежните пясъчни дюни е свързан с процеси, чието развитие неизбежно ще продължи, освен ако не се предприемат определени консервационни мерки за забавянето и ограничаването им. Тези мерки трябва да включват пълно ограничаване на преминаването на превозни средства през дюните, нерегламентирано къмпингуване и строителство в

близост до брега, както и целеви контрол върху популациите на чужди (включително инвазивни) видове и плевели и рудерали.

Вътрешноконтинентални дюни

В района на изследване са регистрирани общо 132 вида висши растения и 7 вида мъхове. В пробните площадките не са установени лишеи. От всички регистрирани растения 39 вида (30%) са определени като типични и 93 (70%) като нетипични за местообитанието. Делът на типичните и нетипичните растения е сходен в различните локации, изразен както като видово богатство, така и като проективно покритие. Видовото богатство и покритието на мъховете са ниски. Общото проективно покритие в пробните площадки като цяло е високо.

Корелационните и регресионни анализи свързани с почвените показатели установиха статистически значими резултати само за видово богатство и покритието на нетипичните растителни видове и мъховете спрямо достъпния К в почвата и покритието на типичните растителни видове спрямо достъпния Р в почвата. С нарастването на количеството на К в почвата, видовото богатство и покритието на нетипичните растителни видове има тенденция да расте, докато видовото богатство и покритието на мъховете да намалява. Покритието на типичните растителни видове също намалява с нарастването на количеството на Р в почвата.

Като типични растителни видове за местообитание 2340* в България за всички изследвани локации могат да бъдат посочени *Alkanna tinctoria*, *Anisantha tectorum*, *Arenaria leptoclados*, *Centaurea arenaria*, *Cerastium semidecandrum*, *Chondrilla juncea*, *Erodium cicutarium*, *Erysimum diffusum*, *Medicago minima*, *Petrorhagia prolifera*, *Plantago arenaria*, *Poa bulbosa*, *Potentilla argentea*, *Silene conica* и *Trifolium arvense*. Този видов списък е напълно различен от списъка, посочен в Interpretation manual of European Union habitats - EUR28 (2013), но отговаря доста добре на списъците на типичните висши растения, предложени за местообитание 2340* на национално ниво.

Значителното присъствие на нетипични растения разкрива сукцесионна тенденция към рудерализация, която е засегнала значително автохтонната флора и растителност на българските вътрешноконтинентални дюни. Регистрирани високи стойности на достъпните

Р и К в почвата, които смятаме, че са следствие от интензивното земеделие в района на изследване, и установената корелация с увеличаване видовото богатство и покритие на нетипичните растения и намаляване на покритието на типичните растителни видове, са в полза на рудерализацията.

Въз основа на резултатите от изследването, както и на сравнението с флористичния състав на сходен тип растителност, като най-важни рудерални видове (които трябва да се приемат на национално ниво като видове, които показват „недобро“ състояние на местообитанието), могат да бъдат посочени: *Anthemis arvensis*, *Daucus carota*, *Erodium ciconium*, *Verbascum banaticum*, *Vicia villosa* subsp. *varia*. Всички тези видове са относително константни в описанията и в някои случаи имат значително проективно покритие (до 15%). Значителното присъствие на плевели и рудерали (а именно големият брой и покритие на видове, диагностични за антропогенна растителност, като *Papaveretea rhoeadis*, *Sisymbrietea*, *Chenopodietea*, *Digitario sanguinalis-Eragrostietea minoris* и *Artemisietea vulgaris*), демонстрират заниженото благоприятно екологично състояние на местообитанието и необходимостта от неговото възстановяване.

Освен така наречените проблемни местни видове като плевели и рудерали, друга важна заплаха са чуждите инвазивни видове. Въпреки факта, че в рамките на това проучване са регистрирани само 3 инвазивни вида, техният потенциал да компрометират екологичното състояние на местообитанието не трябва да се подценява. Регистрирани инвазивни чужди видове са *Amorpha fruticosa*, *Erigeron canadensis* и *Robinia pseudoacacia*.

Асоциацията *Bassia-laniflorae-Brometum tectorum* понастоящем трябва да се разглежда като представителен тип растителност за 2340* на национално ниво. Установената за България асоциация, описана първоначално от Унгария (Bohridi 1996), наскоро беше потвърдено в съседна Сърбия (Butorac and Panjković 2013; Ćuk 2019), както и в Словакия (Eliaš et al. 2016), а също така е представена в Дунавския район на Чуперчени в Румъния (Coldea 2012). Високата степен на прилика между изследваните обекти в Унгария, Словакия, Сърбия, Румъния и България свидетелства както за сходни екологични условия, така и за аналогично историческо развитие и антропогенно влияние. Но се наблюдават и някои различия във видовия състав. Вероятно най-важното е ограниченото присъствие в оригиналния набор от данни на един от таксоните, който дава името на асоциацията – *Bassia laniflora*. Въпреки широкият ареал на *Bassia laniflora*, тя има тясна екологична ниша,

ограничена изключително до пясъчните местообитания, възникнали през ледниковите периоди (Eliáš et al. 2016). По същия начин други диагностични видове, като *Salsola kali* aggr., *Anthemis ruthenica*, *Polygonum arenarium*, *Festuca vaginata* и др., имат по-ниска константност в българските фитоценози в сравнение с други региони. Бихме могли да обясним подобни отклонения в флористичния състав с факта, че българските вътрешноконтинентални дюни са на най-източната граница на разпространение на местообитанието, а също и с деградиралата вследствие на рудерализацията растителност.

Заплахите от съществено значение за местообитание 2340* докладвани на европейско ниво, като залесяване, инвазивни видове, проблемни местни видове и растителна сукцесия, трябва също да бъдат считани за важни за това местообитание на национално ниво. Въпреки че залесяването не е споменавано като заплаха за местообитанието в България преди, след установеното силно увредено състояние на местообитанието в 33 BG0000525 Тимок, причинено от скорошно залесяване с *Robinia pseudoacacia*, което беше регистрирано по време на проучването, то трябва да се счита за заплаха в бъдеще. Рудерализацията трябва да се разглежда като една от основните причини за неблагоприятното състояние на местообитанието в страната.

Ограниченото разпространение и високата консервационна значимост на панонските вътрешноконтинентални дюни, както и установеното към момента неблагоприятно природозащитно състояние, изискват незабавно прилагане на адекватни консервационни мерки.

Приноси

В резултат от проведеното проучване могат да се изведат следните научни приноси:

1. Въз основа на събраните и наличните литературни данни е съставен пълен списък на висшите растения регистрирани на пясъчните дюни по българското Черноморие от началото на миналия век. Установено е актуалното флористично разнообразие в 12 големи дюнни комплекса (Св. Анна; Дуранкулак; Крапец; Шабла; Балтата; Камчийски пясъци и Щкорпиловци; Слънчев бряг; Каваци и Смокиня; Алепу; Аркутино; ММЦ; Корал) и е определена принадлежността на видовете към една от следните групи: псамофити; плевели и рудерали; видове характерни за тревни и храстови съобщества; горски видове; чужди (включително инвазивни) видове.
2. Установена е актуалното видово богатство и покритие на типичните псамофити, различните непсамофитни растителни групи и на мъховете и лишейте в различните дюнни местообитания (ембрионални, бели и сиви дюни).
3. Събрани са оригинални данни за рН и ЕС на пясъчния субстрат на крайбрежните дюни в България от 102 проби и е анализирана връзката им с видовото богатство и покритието на различните групи растения.
4. Анализирано е влиянието на екологични фактори като отстоянието от вътрешността към морето и площта на различните категории земно покритие в прилежащите територии върху видовото богатство и покритието на различните растителни групи.
5. От сравнението на данните за флористичния състав и покритието на различните растителни групи през 2003 и през 2017 г. е установена отрицателна сукцесионална тенденция, засягаща растителността на крайбрежните пясъчни дюни. Тази тенденция се изразява в намаленото видово богатство на псамофитите и значителното намаляване на тяхното покритие.
6. Установено е пълното флористично разнообразие на вътрешноконтиненталните дюни в България. Всички регистрирани висши растения са класифицирани като типични или като нетипични растителни видове за местообитанието.
7. Събрани са оригинални данни за основните почвени показатели (рН, мин. N, P₂O₅, K₂O, хумус) на пясъчния субстрат на вътрешноконтиненталните дюни в България от

35 проби и е анализирана връзката им с видовото богатство и покритието на типични и нетипични видове растения.

8. В резултат на синтаксономичната характеристика на вътрешноконтиненталните дюни в България, е установена за първи път за страната асоциацията *Bassio laniflorae-Brometum tectorum*, която е потвърдена за всички изследвани локации.
9. Установена е неблагоприятна сукцесионна тенденция към рудерализация, която е повлияла значително автохтонната растителност на вътрешноконтиненталните дюни.
10. Всички 351 фитоценологични описания от крайбрежни и вътрешноконтинентални пясъчни дюни са включени в националната фитоценологична база данни (Bulgarian Vegetation Database - Global Index of Vegetation-Plot Databases (GIVD) ID: EU-BG-001).

Списък на научните трудове по темата на дисертацията и цитиранията по тях

1. **Valcheva, M.,** Sopotlieva, D., Meshinev, T., Apostolova, I., 2019. Is penetration of non-psammophytes an underestimated threat to sand dunes? – a case study from Western Pontic coast. *Journal of Coastal Conservation* 23, 271-281. <https://doi.org/10.1007/s11852-018-0656-3>

Цитирания:

- Vladimirov, V., Petrova, A., Stoyanov, S., Bancheva, S. and Delcheva, M., 2018. *Rosa rugosa* (Rosaceae): an alien species in the Bulgarian flora. *Phytologia Balcanica* 24(3), pp.337-341.
- Barzov, Zh., Petrova, A., 2018. Reports 15–18, in: Marchant, R., Tan, K. and Strid, A., New floristic records in the Balkans: 37. *Phytologia Balcanica*, 24(3), pp.399-401.
- Giulio, S., Acosta, A.T.R., Carboni, M., Campos, J.A., Chytrý, M., Loidi, J., Pergl, J., Pyšek, P., Isermann, M., Janssen, J.A. and Rodwell, J.S., 2020. Alien flora across European coastal dunes. *Applied Vegetation Science*, 23(3), pp.317-327. <https://doi.org/10.1111/avsc.12490>

Ioni, S., Battisti, C., Fanelli, G., 2020. Mapping vegetation dynamics on embryonic sand dunes: a fine-grained atlas for periodic plant monitoring in a Mediterranean protected area. *Quaderni del Museo Civico di Storia Naturale Ferrara*, 8, pp.37-42.

Smith, P.H., 2020. Increasing status of non-native vascular plants in the Sefton Coast sand-dune system, north Merseyside, UK. *British & Irish Botany*, 2(2). <https://doi.org/10.33928/bib.2020.02.102>

2. **Valcheva, M.**, Sopotlieva, D., Apostolova, I., 2020. Current state and historical notes on sand dune flora of the Bulgarian Black Sea Coast. *Flora*, 267. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151594>

Цитирания:

Kunev, G., 2021. *Bromus diandrus* (Poaceae), an addition to the Bulgarian flora. *Acta Botanica Croatica*, 80(2). <https://doi.org/10.37427/botcro-2021-017>

3. **Valcheva, M.**; Sopotlieva, D., Apostolova, I., Tsvetkova, N., 2021. Vegetation Characteristics and Recent Successional Trends of Sand Dune Habitats at the Bulgarian Black Sea Coast. *Coasts*, 1, 1-24. <https://doi.org/10.3390/coasts1010001>

4. **Valcheva, M.**, Apostolova, I., Sopotlieva, D., 2021. Current floristic diversity and vegetation characteristics of habitat 2340 *Pannonic inland dunes in Bulgaria – a contribution to conservation status assessment. *Biologia*. <https://doi.org/10.1007/s11756-021-00885-9>

Списък на участията в научни форуми, отразяващи изследванията по дисертацията

1. **Valcheva, M.**, 2017. Penetration of non-psammophytes on the dunes south of Kamchia river mouth. Youth Scientific Conference "Kliment's Days", 16th – 17th November 2017, Sofia, Bulgaria, p. 127. http://conf2017.biofac.info/images/KLIMENTOVI_DNI_2017.pdf

2. **Valcheva, M.**, Sopotlieva, D., Apostolova, I., 2018. Penetration of non-psammophytes in sand dune habitats - a study from the Bulgarian Black Sea Coast. The 7th Balkan Botanical Congress – 7BBC 2018, 10-14 September 2018, Novi Sad, Serbia, p. 112. https://botanicaserbica.bio.bg.ac.rs/arhiva/pdf/2018_42_2_1_full.pdf

Current state and recent successional trends of coastal and inland sand dune vegetation in Bulgaria

Magdalena Valcheva

Ph.D. Dissertation

The protection of the vulnerable sand dune habitats requires scientific exploration and understanding of their modifications and processes in order to form the basis of appropriate conservation and management strategies. Therefore, the limited available data on sand dune habitats in Bulgaria and their high conservation value motivated the research in this dissertation.

CHAPTER 1 reveals the first overview of the floristic diversity of Bulgarian coastal dunes in terms of the presence of typical psammophytic or non-psammophytic plant species. It aims to find out if changes occurred in sand dune flora over time, based on original sampling and existing data from previous studies. Original floristic data from 154 phytosociological plots sampled in 12 large dune systems during 2017 and all available literature sources were compiled to derive a list of vascular plants mentioned for Bulgarian coastal dunes between 1905 and 2016. All vascular plants were assigned to one of five groups, according to their general habitat preference: 1) psammophytes, 2) weeds and ruderals, 3) grass- and shrubland plants, 4) forests plants and 5) alien (including invasive) species. The full species list comprises of 501 taxa and the highest number of species was compiled from publications after 1990. Across all studied dune complexes, grass- and shrubland plants were most abundant, while other non-psammophyte species groups showed low presence. A comparison of data from 2003 and 2017 showed that species richness of psammophytes decreased over time, which is in contrast to the average number of weeds and ruderals, and particularly to species richness of grass- and shrubland species. Results show that a core group of characteristic psammophytes remains constant through studied time periods. Alien (including invasive) species are limited but there is an alarming recent increase in their number.

CHAPTER 2 aims to identify how far the dune habitats in one of the largest dune complexes in Bulgaria are affected by the penetration of non-psammophytes and if there is an upward trend in their number. Vegetation was sampled during the growing seasons of 2013, 2014 and 2015 at 162 plots along 12 transects systematically situated to cover three different habitats: embryonic, white and grey dunes. A total 207 plant species were registered. They were classified into five groups as follows: psammophytes – 38, weeds and ruderals – 36, plants typical of grasslands and shrublands – 95, plants typical of forests – 18 and alien (including invasive) species – 20. Results

show that grey dunes contain the highest percentage of non-psammophytic plants, which decrease towards white and embryonic dunes. The studied coastal area is still less influenced by non-psammophytes.

CHAPTER 3 aims to determine the current vegetation characteristics of dune habitats from the Bulgarian Coast, in terms of species richness and cover of typical psammophytes and different non-psammophytic plant groups and to analyze what is their respond to certain environmental drivers. Data were collected at 12 dune systems. The research was focused on embryonic, white and grey dunes. The field work was conducted during July and August 2017. Vegetation was sampled at 154 phytosociological plots (5 m × 5 m). To understand how vegetation responds to different drivers the correlation of defined species groups richness and cover to: 1) soil pH and EC values; 2) distance from inland to the sea; 3) range of different categories of land cover in the surrounding area was analyzed. In order to track temporal vegetation changes the cover of defined species groups was compared between 2003 and 2017. A total number of 269 vascular plants, 12 bryophytes and 5 lichens were registered. The strongest presence in all dune types, both in species richness and in cover, had the group of grass- and shrubland plants, weeds and ruderal plants had significant cover in grey dunes, while richness and cover of forest and alien plants was negligible among studied dune habitats. The comparison of data from 2003 and 2017 revealed a substantial decline in cover of psammophytes. Results showed, that grey dunes were the most affected by non-psammophytes.

CHAPTER 4 aims to extend the knowledge on the floristic diversity, vegetation, ecology and threats of habitat 2340 *Pannonic inland dunes in Bulgaria. Fieldwork was conducted in 2018 and data were sampled at 35 phytosociological plots from 5 localities along the Danube in NW Bulgaria. A total number of 132 vascular plants and 7 bryophytes were registered. Each vascular plant was assigned to one of two groups: (1) typical plants – 39 species, and (2) non-typical plants – 93 species. The total vegetation cover in the relevés was generally high, and the share of typical and non-typical plants was quite similar. The association *Bassio laniflorae-Brometum tectorum* was reported for the first time for Bulgaria and it was presented in all localities. The substantial presence of non-typical plants registered in this study revealed a successional trend towards ruderalization, which has significantly affected the autochthonous flora and vegetation of inland dunes in Bulgaria.