

Vpliv košnje na trstišča Cerkniškega jezera

Nik Ojdanič, Mateja Germ, Matej Holcar, Igor Zelnik, Aleksandra Golob

Uvod

Cerkniško jezero je presihajoči ekosistem, ki se nahaja na dnu Cerkniškega polja. Glavna značilnost takšnega ekosistema je menjavanje suhega in mokrega obdobja (Dolinar in sod., 2010). Območje je v povprečju poplavljenno 9 mesecev letno (Kranjc, 2002). V juniju ali juliju, ob zadostnem pomanjkanju padavin, se Cerkniško jezero v poletnih obdobjih izsuši vse do jeseni, ko višek padavin ponovno napolni večji del območja. Proces sušenja in polnjenja jezera lahko v posameznih letih močno odstopa od povprečja, saj je pogojen z letno razporeditvijo ter količino padavin (Dolinar in sod., 2016). Obseg, globina in dolžina trajanja zalitega obdobja so vodilni dejavniki za edinstveno prostorsko razporeditev in veliko pestrost rastlinskih združb. Rastlinske vrste, ki niso prilagojene na poplavljanje, se v takšnih ekosistemih z vidika višinskega gradienta, navadno pojavljajo na višje ležečih območjih, kjer je vpliv vode manjši (Luo in sod., 2008). Rastlinske vrste, prilagojene na visok vodostaj, pa se navadno pojavljajo na nižjih območjih. Vrstna pestrost na nižjih območjih je prav tako manjša v primerjavi z višjimi, bolj suhimi območji (Dwire in sod., 2004; Gaberščik in sod., 2018). Pomemben dejavnik, ki vpliva na prostorsko razporeditev rastlinskih združb, je tudi košnja. Robni in nekoliko dvignjeni predeli Cerkniškega jezera bi v odsotnosti košnje sledili procesu sukcesije in se zarasli z grmičevjem in drevesnimi vrstami. Košnja tako predstavlja fizično motnjo, ki zavira proces sukcesije in v primeru ustreznega upravljanja, ohranja vrstno pestrost rastlinskih vrst, ki se pojavljajo v mokriščih (Cattin in sod., 2003). V osrednjem delu jezera, kjer so spremembe vodostaja velike, proces sukcesije zavira daljša vodna faza, ki preprečuje razvoj lesnatih vrst.

Velik del Cerkniškega jezera poraščajo močvirske združbe. Najobsežnejše sestoje tvorijo navadni trst (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.), pisana čužka (*Phalaris arundinacea* L.) in togi šaš (*Carex elata* All.) (Martinčič in Leskovar, 2003). V letih z visokim vodostajem tvori velike sestoje tudi jezerski biček (*Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla). Navadni trst je kozmopolitska vrsta. Primarno se širi vegetativno s podzemnimi rizomi, iz katerih izraščajo genetsko enaka stebila, kar omogoča hitro širjenje. Spolno razmnoževanje preko semen je prav tako prisotno, vendar manj pogosto. Navadni trst odcveti jeseni, ko posamezne rastline tvorijo veliko količino semen (Avers in sod., 2014). Glavni vektorji prenosa semen so veter, voda in ptice (Haslam, 1972). Semena navadno kalijo na odkritih vlažnih tleh spomladi, ko temperature presežejo 10 °C (Fofonoff in sod., 2018). Navadni trst ima široko ekološko valenco, kar mu omogoča, da raste tudi v slanih in anoksičnih tleh. Prav tako je prilagojen na širok razpon pH (od 3,9 do 8,6) tal (Fofonoff in sod., 2018). Kar se tiče temperature ima trst širok razpon uspevanja z izjemo nizkih temperatur v začetku vegetacijske sezone, ki povzročajo zmrzal (Haslam, 1972). Ob optimalnih razmerah tvori goste in visoke ter izjemno produktivne enovrstne sestoje (Den Hartog in sod., 1989).

Na Cerkniškem jezeru je navadni trst pomembna rastlinska vrsta, saj zagotavlja številne ekosistemske storitve. Privzema in skladišči minerale, anorganski ogljik ter pripomore k učinkovitemu delovanju mikrobne združbe v tleh (Kiviat, 2013). Kljub temu, da navadni trst negativno vpliva na rast ostalih rastlinskih vrst, trstišča višajo biotsko pestrost, saj predstavljajo habitat različnim žuželkam, dvoživkam in pticam. Na Cerkniškem jezeru so trstišča predvsem pomembna za specialiste, kot so mali ponirek (*Tachybaptus ruficollis* Pallas), liska (*Fulica atra* L.), srpična trstnica

(*Acrocephalus scirpaceus* Hermann), rakar (*Acrocephalus arundinaceus* L.) in mokož (*Rallus aquaticus* L.) (Kmecl in sod., 2022). Zaradi teh razlogov je v tem letno spreminjajočem se ekosistemu pomembno razumeti kako košnja, v kombinaciji s spremembami vodostaja, vpliva na trstišča.

Vpliv košnje na navadni trst

Dosedanje raziskave o vplivu košnje na navadni trst so v veliki meri povezane s širjenjem navadnega trsta v ekosisteme, kjer navadni trst zaradi svoje široke ekološke valence in visoke kompeticijske sposobnosti izpodriva ostale rastlinske vrste (Čížková in sod., 2023). V tovrstnih raziskavah gre primarno za iskanje metod omejevanja rasti evropskega genotipa navadnega trsta v različnih mokriščnih ekosistemih. Zaradi tega so raziskave, katerih cilj je način upravljanja ter ohranjanja navadnega trsta v avtohtonih habitatih, manj pogoste. Košnja je pogosto uporabljen ukrep za omejevanje širjenja navadnega trsta, uspešnost omejevanja pa je odvisna od časa košnje in števila zaporednih košenj. Vpliv košnje na trstišča je možno spremljati z meritvami znakov vitalnosti trsta, kot so številčnost, širina bazalnega premera, višina stebel, biomasa in viabilnost rizomov.

Velik poudarek v raziskavah za omejevanje rasti trsta je predvsem določitev optimalnega časa za košnjo. Kulik in sod. (2023) so v večletni študiji raziskali vpliv različnega režima košnje na sestoje trsta znotraj mokrotnega travnika. Znotraj teh ekosistemov so sestoji trsta nezaželeni, saj izpodrivajo številne vrste trav in šašev, ki tam uspevajo. Kulik in sod. (2023) so prikazali, da košnja poveča številčnost stebel, ampak se hkrati z vsakoletno košnjo višina stebel manjša. Višina stebel je indikator vitalnosti navadnega trsta, ki v optimalnih razmerah lahko zraste tudi več kot 4 m (Tóth in Szabó, 2012), kar nakazuje na to, da vsakoletna košnja negativno vpliva na trstišča, saj onemogoča ustvarjanje zaloga v korenikah. Večkratna zaporedna košnja v istem letu prepreči cvetenje, medtem ko enkratna košnja izvedena v septembru vzpodbuja tvorbo socvetij v naslednji sezoni. Navadni trst se v optimalnih razmerah razmnožuje vegetativno, košnja kot motnja, pa spodbudi spolno razmnoževanje preko povečanega števila semen zaradi tvorbe socvetij (Tóth in Szabó, 2012). Güsewell (2000) v primeru zimske košnje v rotacijski shemi treh let na nizkih barjih, ni zaznal sprememb v številu, višini in bazalnem premeru poganjkov. V takšnih ekosistemih košnja, ki se ne izvaja letno, zavira proces sukcesije in hkrati ohranja vitalna trstišča. V primeru vsakoletne košnje poleti ali pozimi, je košnja dolgoročno negativno vplivala na število poganjkov in na širino bazalnega premera, dvakratna košnja v istem letu junija in septembra pa je povečala številčnost poganjkov ob sočasnem zmanjšanju bazalnega premera (Güsewell, 2000). Enkratna vsakoletna košnja v septembru je dolgoročno zmanjšala število poganjkov, višino poganjkov ter njihovo biomaso. Takšen režim košnje je hkrati najbolj podoben režimu košnje na Cerkniškem jezeru na določenih območjih. Do podobnega zaključka je prišel tudi Derr (2008) v poskusu, kjer so trstišča kosili in uporabljali različne herbicide z namenom zatiranja trsta. Ob večkratni košnji v istem letu je zabeležil 55 % zmanjšanje v biomasi trsta v naslednji sezoni. Ob uporabi herbicida, ki predstavlja dodaten stresor, se je biomasa zmanjšala za 90 %. Večkratna košnja v isti rastni sezoni izčrpa zaloge v rizomih kar posledično zmanjša uspešnost rasti nadzemnih delov v naslednji rastni sezoni (Güsewell, 2003). Izčrpanost rizomov v kombinaciji z dodatnimi stresorji, v tem primeru herbicidi, naknadno oslabi oziroma onemogoči rast. Neko-liko drugačen pristop spremljanja vpliva košnje so izbrali Tiškus in sod. (2023), ki so z uporabo tehnik daljinskega zaznavanja uspešno ločili jezerske sestoje trsta od proste vode na satelitskih posnetkih Sentinel-2. V večletnem spremljanju vpliva vsakoletne košnje na jezeru Plateliai v Litvi so zaznali očitno krčenje trstišč.

Večina raziskav vpliva košnje na trst je vezana na mokrišča, ki niso, oziroma so le deloma primerljiva s sistemom na Cerkniškem jezeru, kjer je potrebno upoštevati tudi vpliv povišanega vodostaja, predvsem v obdobju po izvedeni košnji in v začetku rastne sezone. Pri normalnih razmerah ob koncu vegetacijske sezone navadni trst premešča energijske rezerve iz nadzemnih delov rastline v rizome, medtem ko listi v procesu senescence odpadejo, kar mu omogoča uspešno prezimovanje. Hkrati se celične stene celic v stebelu odebelijo in lignificirajo (Nikolajevskij, 1971). Lignificirana stebela delujejo kot prevodna tkiva, ki v procesu Venturijeve konvekcije zaradi tlačnih razlik med zunanostjo in notranostjo stebela, dovajajo kisik v rizome (Armstrong in sod., 1996). Dovod kisika v rizome omogoča, da navadni trst preživi v anoksičnih tleh izven vegetacijske sezone (Armstrong in sod., 1992). Na Cerkniškem jezeru košnja jeseni lahko onemogoči dovod kisika v rizome zaradi porezanih stebel, ki jih ob dvigu vodostaja zalije voda (sliki 1 in 2).



Slika 1: Primerjava košenih in nekošenih trstišč ob dvigu vodostaja pri Otoku, Cerkniško jezero (foto: Matej Holcar, 15.07.2023)

Viabilnost rizomov je odvisna od njihove starosti in predhodnih vegetacijskih sezon, kar je primarno povezano s količino rezerv. V času začetne rasti v prihodnji rastni sezoni, ko je navadni trst še pod vodno gladino, tvori adventivne korenine pri internodijih stebela in zračne filme na površini potopljenih listov, ki omogočajo izmenjavo plinov za fotosintezo (Colmer in sod., 2011). V takšnih razmerah je fotosinteza manjša kot nad vodno gladino, zato je navadni trst odvisen od zaloga v rizomih, ki mu omogočijo, da čim hitreje izraste iz vode. Vsakoletna košnja tako postopoma izčrpa rizome ter zmanjša njihovo viabilnost, kar se odraža na vitalnosti nadzemnih delov rastlin trsta (Widin in sod., 2023). Na Cerkniškem jezeru je za trstišča pomembna tudi višina vodne gladine v začetku rastne sezone. Visok vodostaj, ki vztraja dalj časa v začetku rastne sezone, tako onemogoči hiter preboj nadzemnih delov nad vodno gladino, kar se kasneje v rastni sezoni izrazi v obliki oslajljene vitalnosti rastlin (Ojdanič in sod., 2023a). Vsakoletna košnja ob koncu rastne sezone, ki ji sledijo poplave, ki vztrajajo tudi v času začetne rasti, ima lahko negativen vpliv na vitalnost trsta in povzroča krčenje trstišč (Rolletschek, 2000).

Košnja trstišč nima samo neposrednega vpliva na navadni trst, ampak hkrati posredno vpliva na vrstno pestrost ostalih organizmov, primarno na specialiste, ki so prilagojeni na trstišča. Balčiauskas in Balčiauskiene (2022) sta v večletnem spremljanju populacije majhnih sesalcev v mokrotnem travniku ugotovila izgubo biotske pestrosti po poplavih zaradi košnje trstišč. Posebej prizadeta vrsta je bila pritlikava miš (*Micromys minutus* (Pallas, 1771)), specialist, ki je sicer prilagojen na poplave (Balčiauskas in sod., 2012).



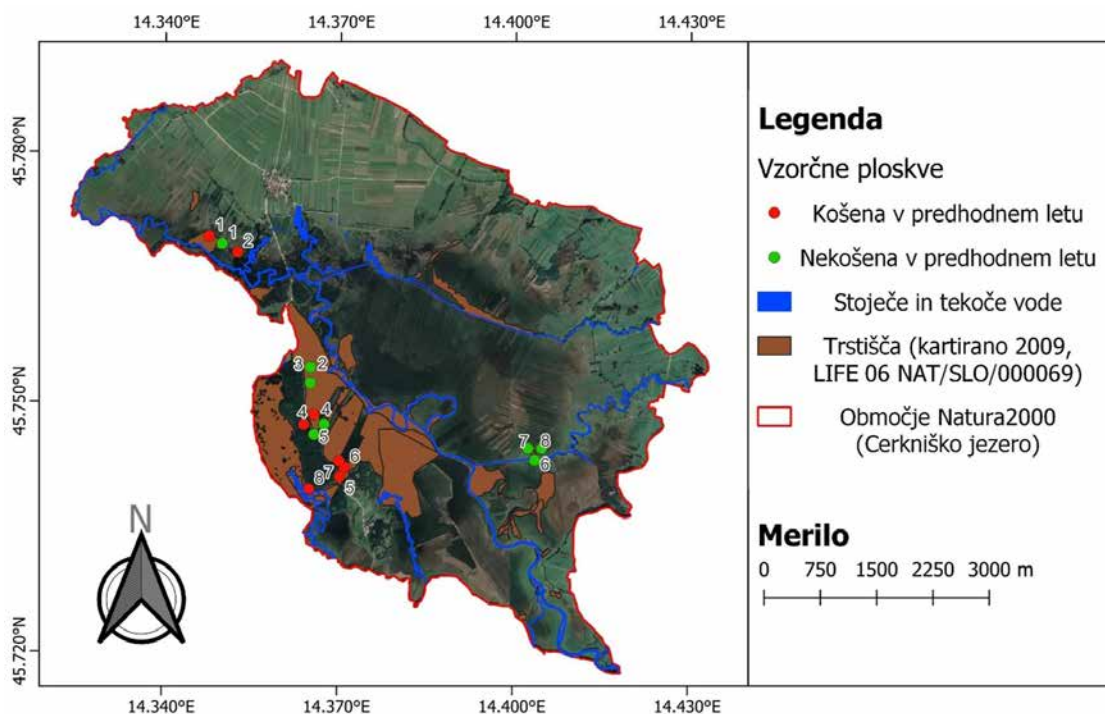
Slika 2: Pogled na trstišča Zadnjega kraja v zimskem času. Bele proge na levem delu slike odkrivajo, da so bila trstišča pokošena (foto: Matej Blatnik).

Populacija pritlikave miši se je znatno zmanjšala zaradi spremembe upravljanja (uveljavljanje redne košnje trstišč), ki je vodila do krčenja trstišč. Košnja trstišč ne vpliva samo na majhne sesalce ampak tudi na številne nevretenčarje. Košnja trstišč znotraj mokrotnih travnikov negativno vpliva na združbo pajkov. Cattin in sod. (2003) poročajo o zmanjšanju številčnosti pajkov, ki so vezani na posušena stebela trsta in na njegov opad. Do podobne ugotovitve so prišli Bogusch in sod. (2020) pri čebelah in osah, ki so neposredno vezane na trstišča, oziroma gnezdi v šiškah trsta, ki jih povzročijo muhe iz rodu *Lipara*. Primer dobre prakse za upravljanje s trstičjem in ohranjanjem vrst, vezanih na trstišča, so mokrišča na območju Grande Cariçaie v Švici. Antoniazza in sod. (2018) so v 30 letnem obdobju spremljali populacije petih ptic (srpična trstnica – *Acrocephalus scirpaceus* (Hermann, J 1804), trstni cvrčalec – *Locustella luscinioides* (Savi, 1824), trstni strnad – *Emberiza schoeniclus* (Linnaeus, 1758), mokož – *Rallus aquaticus* (Linnaeus, 1758), brkata sinica – *Panurus biarmicus* (Linnaeus, 1758)) glede na način upravljanja trstišč. Tri od naštetih vrst se prav tako pojavljajo na območju Cerkniškega jezera (Kmecl in sod., 2022). Vzpostavili so rotacijski sistem košnje, v katerem so izmenjujoče kosili trstišča na takšen način, da so ohranili čim večjo heterogenost z vidika starosti. Opazili so, da se ptice izogibajo trstičjem, ki so bila v predhodni sezoni košena, kar kaže na to, da je potrebno več kot eno leto, da vegetacijska zgradba trstišč doseže optimum za ptice. Trstišča navadno potrebujejo več let

za ponovno vzpostavitev ravnovesja po motnji, kot je košnja (Vadász in sod., 2008). Največja pestrost ptic je bila zabeležena v trstiščih tri oziroma štiri leta po košnji, dolgoletno pa zaradi košnje na rotacijski način niso zaznali trenda upada v številčnosti opazovanih vrst ptic.

Stanje na Cerknškem jezeru 2023

Na območju Cerknškega jezera je bilo v letih 2021 in 2022 ekstremno sušno poletno obdobje. Voda je odtekla pred začetkom poletja in vodotok Stržen je bil v celoti izsušen. Suhe razmere so omogočale povečan obseg košnje trstišč. V rastni sezoni 2023 smo tako lahko primerjali stanje v predhodnem letu košenih trstišč in trstišč, ki niso bila košena. Osredotočili smo se predvsem na litoralne, oziroma jezerske sestoje, ki so bolj oddaljeni od glavnega vira vode kot obrežni sestoji. Na Cerknškem jezeru je večina takšnih sestojev v bližini večjih in manjših depresij, ki se v poletnem obdobju izsušijo. Jezerski sestoji so zaradi tega pod večjim pritiskom stresnih dejavnikov (Ojdanič in sod., 2023b). Največji sestoj jezerskih trstišč je na območju Zadnjega kraja. Glede na oba omenjena načina upravljanja, smo določili 8 vzorčnih ploskev površine 9 m², znotraj katerih smo popisali vrstno pestrost vegetacije po prirejeni metodi Braun-Blanquet (1964) in opravili številne morfološke meritve in meritve produktivnosti trsta (slika 3).



Slika 3: Zemljevid vzorčnih ploskev jezerskih trstišč na območju Cerknškega jezera.

Skupna biomasa rastlin ter biomasa listov se statistično razlikuje med košenimi ploskvami in ploskvami, ki v predhodnem letu niso bile košene, medtem ko je bila biomasa listov le mejno statistično značilna (preglednica 1). Biomasa trsta na nekošenih ploskvah je bila višja in bolj variabilna v primerjavi s košenimi ploskvami. Rezultati so v skladu s podobnimi raziskavami (Derr, 2008; Fogli in sod., 2014; Güsewell, 2000), kar nakazuje, da na Cerknškem jezeru košnja na koncu vegetacijske sezone negativno vpliva na produktivnost navadnega trsta v naslednjem letu. Očitna razlika med ploskvami z različnim načinom upravljanja je bila v številu posameznih rastlin

trsta znotraj ploskve. Povprečno število rastlin navadnega trsta na košenih ploskvah je bilo 85 na kvadratni meter, medtem ko je bilo povprečno število rastlin na nekošenih ploskvah bistveno manjše (preglednica 1). Povečano število rastlin navadnega trsta je lahko rezultat zmanjšane količine organskega ogljika v tleh, saj košnja in odstranjevanje košene biomase zmanjša količino počasi razgradljivih odmrlih stebel, kar posledično omogoča kalitev semen trsta (Cui in sod., 2022). Možno je, da kombinacija pozne košnje ter dviga vodostaja izčrpa obstoječe rizome do takšne mere, da novozrasli poganjki iz rizomov ne uspejo kompeticijsko zatreti kalečih rastlin trsta. Vpliv košnje je viden tudi pri primerjanju določenih morfoloških značilnosti navadnega trsta. Čeprav je bilo na ploskvah, ki predhodno niso bile košene, manj rastlin navadnega trsta, so bile te v povprečju za 67,8 cm višje od rastlin na košenih ploskvah (preglednica 1). Vpliv košnje na višino trsta je na Cerkniškem jezeru podoben kot na mokrotnih travnikih (Kulik in sod., 2023). Višina stebel kot indikator vitalnosti navadnega trsta, dodatno pokaže negativen vpliv košnje na jezerska trstišča Cerkniškega jezera. Pri primerjavi povprečnega števila listov na rastlino, nismo zaznali statistično značilnih razlik med košenimi in nekošenimi ploskvami. Pri primerjavi bazalnega premera stebel je razvidno, da so bila stebila rastlin navadnega trsta na ploskvah, ki niso bile košene, debelejša kar je verjetno prav tako posledica večje viabilnosti rizomov. Zmanjšanje bazalnega premera stebel je pogost odziv na stresne dejavnike pri navadnem trstu (Mook in van der Toorn, 1985). Listni indeks (ALI) je bil v povprečju večji pri navadnem trstu na ploskvah, ki niso bile košene, ampak kljub temu ni bilo statistično značilnih razlik (preglednica 1). Čeprav je bila površina lista večja pri nekošenem trstu, je na košenih ploskvah večje število rastlin navadnega trsta in posledično večje skupno število listov, kar je razlog za primerljiv LAI. Širina bazalnega premera in dolžina listov ter posledično listna površina so pri navadnem trstu v pozitivni korelaciji (Hong in sod., 2019). Podobno kot Kulik in sod. (2023), smo močno izraženo tvorbo socvetij pri trstu zabeležili izključno na ploskvah, ki so bile v predhodnem letu košene. Visoka variabilnost znotraj ploskev, ki predhodno niso bile košene, se lahko pojavi zaradi ekotipskega značaja navadnega trsta ter njegove prilagojenosti na razmere v različnih habitatih (Hanganu in sod., 1999). V tem primeru je glavni dejavnik prilagoditev trsta na spremembe vodostaja, ki se med posameznimi jezerskimi ploskvami razlikuje zaradi različnih topografskih značilnosti, pogojenih z lokacijo. Na večjo variabilnost nekošenih ploskev verjetno vpliva tudi različna starost trsta nekošenih ploskev (različno število let rasti po opuščeni košnji).

Preglednica 1: Povprečne vrednosti in standardne deviacije morfoloških parametrov in parametrov produktivnosti pri košenih in nekošenih ploskvah. Prikazane so p-vrednosti primerjalnih testov (Studentov t-test in Wilcoxon test).

Lastnost	Košeni sestoji	Nekošeni sestoji	p – vrednost
Biomasa listov (g/m ²)	131,3 ± 30,2	200,5 ± 83,2	0,0558
Biomasa stebel (g/m ²)	377,9 ± 69,6	621,9 ± 267,5	0,0373
Skupna biomasa (g/m ²)	509,1 ± 98,3	822,4 ± 347,8	0,0394
Število rastlin (n/m ²)	85 ± 27,6	54,5 ± 17,9	0,0223
Višina stebel (cm)	148,9 ± 18,4	216,7 ± 56,2	0,0274
Število listov (n/rastlino)	10,2 ± 1,1	12,2 ± 2,6	0,0680
Bazalni premer stebel (mm)	5,1 ± 0,6	6,9 ± 0,7	0,0001
Površina lista (cm ²)	17,5 ± 5,6	27,3 ± 8,3	0,0176
Listni indeks (LAI) (m ² /m ²)	1,4 ± 0,3	1,8 ± 1,0	0,2824

Na podlagi rezultatov morfoloških meritev je vidno, da košnja pozno v rastni sezoni negativno vpliva na vitalnost jezerskih sestojev trsta na Cerkniškem jezeru in posledično na njihovo produktivnost. Od morfoloških značilnosti je najbolj izstopala višina trsta. V višini rastlin je bila razlika tako izrazita, da je bilo možno na terenu ločiti parcele, ki so bile v prejšnjem letu košene od tistih, ki niso bile (slika 4).

Prav tako povedni so rezultati popisov vrstne pestrosti in številčnosti. Na košenih ploskvah smo v povprečju zabeležili 9 vrst, medtem ko na nekošenih v povprečju zabeležili le 6 vrst (preglednica 2). Pri košenih ploskvah smo največ vrst zabeležili znotraj prve ploskve, ki se nahaja na osrednjem delu jezera v bližini vodnega zadrževalnika. Pri nekošenih ploskvah smo prav tako zabeležili največ vrst znotraj prve ploskve, ki se prostorsko nahaja na istem območju (slika 2). Najmanj vrst smo zabeležili na nekošenih ploskvah 2 in 3, ki se nahajajo na območju Trščenk v bližini večje depresije znotraj katere zastaja voda. Zastajanje vode je znak, da te ploskve navadno niso košene tudi v ekstremno sušnih letih. Takšna območja je zaradi topografskih značilnosti težje kositi z uporabo mehanizacije.



Slika 4: Ortofoto (levo) in digitalni model površine (desno), ki prikazuje razliko v višini košenega in nekošenega trstišča.

Preglednica 2: Število popisanih vrst znotraj posamezne ploskve glede na način upravljanja.

Ploskev	Število vrst na ploskvah									
	Skupno število	1	2	3	4	5	6	7	8	Povprečje
Košene	24	14	9	9	5	13	8	6	11	9,375
Nekošene	17	12	2	3	5	6	7	8	7	6,25

Rezultati Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa, ki poleg števila zabeleženih vrst hkrati upošteva še njihovo številčnost, so podobni rezultatom števila vrst znotraj ploskev. Vrstna pestrost je bila znotraj košenih ploskev večja v primerjavi z nekošenimi ploskvami (preglednica 3). Največja vrstna pestrost znotraj nekošenih ploskev je bila v prvi ploskvi, ki je bolj podobna vsem košenim ploskvam. Indeks vrstne pestrosti pri ostalih nekošenih ploskvah je bil bistveno manjši. Rezultati vrstne pestrosti na prvi nekošeni ploskvi, ki očitno izstopa od ostalih, kažejo, da je bila ta ploskev verjetno nekošena šele drugo rastno sezono. Število vrst ter njihova številčnost sta hkrati dobra pokazatelja vitalnosti trstišč. Navadni trst je izjemno kompetitivna vrsta s široko ekološko valenco in posledično je dobro prilagojena na različne fiziološke stresne dejavnike. Zaradi hitre rasti in visokih nadzemnih in globokih podzemnih delov, kompeticijsko izključuje os-

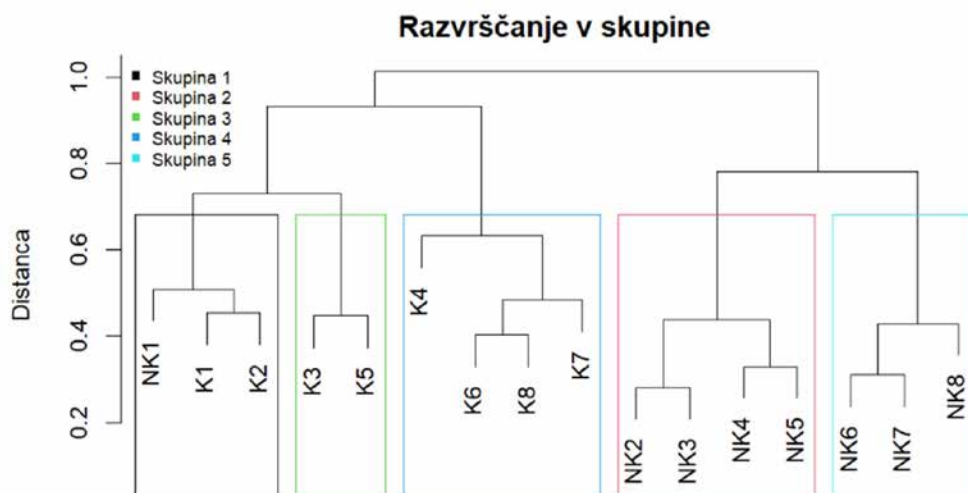
tale rastlinske vrste, saj bolj učinkovito izkorišča dane vire (vodo, minerali in svetlobo) (Ailstock in sod., 2001). V takšnem primeru so vitalna trstišča z vidika rastlinskih vrst manj pestra, saj v njih izrazito prevladuje navadni trst (Burdick in Konisky, 2003). Navadni trst je slabše prilagojen na motnje, ki povzročajo mehanske poškodbe. Tako je zaradi košnje kompeticijska sposobnost navadnega trsta oslABLJENA in do kompeticijskega izključevanja ne prihaja, kar se kaže v večji vrstni pestrosti znotraj košenih ploskev.

Preglednica 3: Shannon – Wiener diverzitetni indeks znotraj posamezne ploskve glede na način upravljanja.

Ploskev	Shannon – Wiener diverzitetni indeks								Povprečje
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Košene	2,02	1,67	1,78	1,05	2,21	1,55	1,27	1,90	1,68
Nekošene	2,01	0,21	0,40	0,83	0,97	1,23	1,44	1,29	1,05

Rezultati primerjave vrstne sestave znotraj posameznih ploskev na najnižji hierarhični ravni razdelijo vzorčne ploskve v dve veji, košene in nekošene (slika 5). Razločna ločitev jasno prikaže, da košnja izrazito vpliva na vrstno sestavo vegetacije znotraj trstišč.

Sprememba habitatne zgradbe neposredno vpliva na vrstno sestavo (Kitazawa in Ohsawa, 2002). Celostno gledano smo ploskve razvrstili v pet različnih skupin. Znotraj košenih ploskev smo določili tri različne skupine pri čemer se je skupina 1 prostorsko ločila od skupin 3 in 4 (slika 1). Znotraj prve skupine je bila prisotna tudi nekošena ploskev 1, kar dodatno nakazuje na to, da se je na tem mestu košnja opustila v letu 2022 in vegetacijska struktura znotraj ploskve še ni stabilna. Pri nekošenih ploskvah smo določili dve skupini, 2 in 5, ki sta prav tako prostorsko ločeni. Skupina 5 vključuje tri vzorčne ploskve, ki se nahajajo v nekdanji, danes neaktivni strugi Lipsenjščice, medtem ko skupina 2 vključuje 4 ploskve, ki se nahajajo na območju Trščenk (slika 1). Razlike v vrstni sestavi znotraj nekošenih ploskev so posledica različnih mikrolokacij in starosti trstišč. Vrstna struktura znotraj trstišča je tesno povezana s starostjo trstišča. Način upravljanja, ki zagotavlja veliko heterogenost z vidika starosti trstišč, zagotavlja največjo vrstno pestrost tako rastlinskih kot živalskih vrst (Andersen in sod., 2021).



Slika 5: Dendrogram vrstne pestrosti košenih (K) in nekošenih (NK) ploskev trstišč (Wardova metoda povezovanja, z Bray-Curtisovim indeksom podobnosti).

Zaključek

Košnja ima pomemben vpliv na trstišča na območju Cerkniškega jezera, podobno kot na mokrotnih travnikih, nizkih barjih in v obrežnem pasu jezer. V jezerskih sestojih navadnega trsta, ki so zaradi večjih sprememb v vlažnosti tal pogosteje izpostavljeni stresnim razmerah kot obrežni sestoji, košnja negativno vpliva na vitalnost trsta, saj vpliva na njegove morfološke lastnosti in zmanjšuje produktivnost. Kljub temu košnja na robnih predelih Cerkniškega jezera ohranja trstišča, saj zavira proces sukcesije in onemogoča prehod v lesnato vegetacijo. Na določenih predelih, kot sta Zadnji kraj in Trščenke, kjer proces sukcesije zavira voda, pa vsakoletna košnja trstišč ni smiselna. Ukrepi oziroma načini upravljanja z navadnim trstom so pogosto povezani z rastlinskimi ali živalskimi vrstami, ki so vezane na trstišča, oziroma jim trstišča predstavljajo neugoden habitat. Upravitelji ekosistemov ravnajo z navadnim trstom glede na tarčne vrste, in način košnje je pogosto takšen, da podpira prisotnost tarčnih vrst. V primeru želje ohranjanja specialistov, ki potrebujejo stabilna trstišča, bi morala biti košnja zelo omejena. V nasprotnem primeru, ko navadni trst omejuje določeno vrsto, je namen košnje pogosto krčenje trstišč. V primeru Cerkniškega jezera, kjer navadni trst zagotavlja številne ekosistemske storitve, bi bilo najbolje zagotoviti mozaičnost trstišč z večjim poudarkom na stabilnih trstiščih, kjer bi se košnja izvajala le po potrebi in ne vsakoletno.

Summary

The influence of mowing on reed stands in Lake Cerknica

Lake Cerknica, situated in the bottom of the karstic polje known as Cerknica Polje, is an intermittent wetland. The distinguishing feature of this ecosystem is the periodic fluctuation of water levels, leading to alternating flooded and dry periods. On average, Lake Cerknica experiences flooding for approximately 9 months each year. The duration of dry and flooded phases may vary, contingent upon the annual distribution and abundance of rainfall. Yearly flooding disrupts the succession process, maintaining the ecosystem in an early and productive state. A significant portion of Lake Cerknica comprises plant species typically thriving in wetlands. Among these, the most prevalent include common reed (*Phragmites australis*), reed canary grass (*Phalaris arundinacea*), tufted sedge (*Carex elata*), and lakeshore bulrush (*Schoenoplectus lacustris*). Common reed holds particular importance at Lake Cerknica, as it provides numerous ecosystem services. This species accumulates minerals and carbon, while also supporting a healthy microbial community in the soil. Despite common reed stands potentially reducing plant biodiversity, they contribute to higher overall diversity by serving as a habitat for numerous other species. Lake Cerknica is also home to several bird specialist species, including the little grebe (*Tachybaptus ruficollis*), the Eurasian coot (*Fulica atra*), the common reed warbler (*Acrocephalus scirpaceus*), and the water rail (*Rallus aquaticus*), all of which depend on healthy reed stands.

A significant portion of the common reed stands at Lake Cerknica undergo annual mowing, typically taking place in late summer or early autumn. The extent of this mowing practice is contingent upon the water levels experienced during the summer months. In wetter years, the extent of mowing is reduced compared to drier years. Given the critical role of common reed in the ecosystem, it is imperative to comprehend how late mowing, in conjunction with water level fluctuations, influences the vitality and growth potential of common reeds in the subsequent vegetation season.

Mowing common reed within wet meadows increases the number of shoots but comes at the expense of their height. Stem height serves as an indicator of common reed vitality, and healthy reed stands may surpass a height of 4 meters. Conducting annual mowing of common reed adversely affects the long-term health of these stands. Mowing once in autumn, however, stimulates the growth of inflorescences in the subsequent vegetation season. Mowing common reed stands within fens also has detrimental effects on common reed health. Seasonal mowing in autumn results in a long-term reduction in the number of shoots, average stem height, basal diameter width, and overall, significantly diminishes biomass. This mowing approach bears similarities to certain parts of Lake Cerknica. Conversely, a rotational mowing scheme (heterogeneously mowing reed stands every three years) in fens shows no long-term negative impacts on common reed stands. In ecosystems where common reed is an invasive species, the application of herbicides, an additional stressor after mowing events, can lead to a biomass loss of up to 90%. Mowing events deplete rhizome reserves, and combining mowing with additional disturbances, such as herbicides, drastically inhibits growth. Yearly mowing also negatively affects other species dependent on healthy reed stands.

Studies investigating the impact of mowing in various fen and meadow types offer only partial comparability to Lake Cerknica, where the abrupt increase in water levels after mowing events must be considered. Under typical conditions, common reed, towards the end of the vegetation season, undergoes specific changes that enhance its survival during winter and early spring. Energy reserves from above-ground parts are allocated to the rhizomes, while leaves undergo senescence. Additionally, the cell walls of stems thicken and lignify. Lignified stems function as conductive tissues, facilitating Venturi convection – a process that provides oxygen to the rhizomes. This oxygen intake enables common reed rhizomes to survive in anoxic soil outside the vegetation season. Mowing events before the water level rise mechanically damage stems and hinder oxygen intake. The viability of rhizomes then relies on their age and the success of previous vegetation seasons, primarily tied to the reserves in rhizomes. Substantial reserves are crucial in the subsequent vegetation season when common reed stands are submerged until the onset of summer. Adequate reserves facilitate the faster emergence of stems through the water surface, optimizing the efficiency of the photosynthesis process. Elevated water levels at the beginning of the vegetation season, coupled with low reserves in rhizomes, negatively impact the overall productivity of common reed. Consequently, annual mowing at the end of the vegetation season followed by high water levels diminishes the vitality of common reed and may induce reed dieback syndrome.

The 2021 and 2022 vegetation seasons at Lake Cerknica were unusually dry, leading to a more extensive mowing of common reed stands. In the subsequent vegetation season of 2023, we conducted multiple measurements of morphological and productivity parameters, along with a plant diversity inventory, comparing previously mown and unmown littoral plots of common reed. The number of shoots per plot, average shoot height, average basal diameter, and average leaf surface, were all found to be statistically significantly different when comparing mown and unmown plots. Mown plots exhibited a higher number of shoots, possibly due to the removal of mown biomass, allowing seeds to sprout in the following season. Unmown plots, on the other hand, were significantly taller but contained fewer shoots. The only statistically non-significant comparison was the average number of leaves per plant. When comparing the average aboveground biomass, unmown plots were considerably more productive than mown plots, although the standard deviation was larger in unmown plots. This variability could be attributed to different microhabitat characteristics between plots, considering that common reed is a highly adaptive plant. Alternatively, variations in the age after the cessation of

mowing between plots may explain the observed differences. Plant biodiversity results revealed that mown plots were significantly more species-rich than unmown plots. The number of species within unmown plots varied, possibly due to differences in plot ages. Common reed, being a highly competitive plant species, tends to form dense stands with low plant diversity. This pattern was not observed in mown plots, as mowing negatively impacted the overall health of reeds, preventing competitive exclusion of other plant species and resulting in higher biodiversity.

Mowing the littoral zone of Lake Cerknica significantly influences common reed stands. Littoral reed stands, already facing substantial environmental pressures, experience a further reduction in vitality and productivity due to mowing. Mowing the lake's edges has a positive impact by hindering the process of succession and preventing the development of woody vegetation. However, mowing the wetter central parts of the lake proves counterproductive, as water level fluctuations suppress the formation of later successional stages. In Lake Cerknica, where common reed plays a beneficial role, implementing a rotational mowing scheme that prioritizes healthy reed stands and fosters high overall biodiversity would be ideal, as opposed to an annual mowing approach.

Zahvala

Raziskave je finančno podprla Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije preko programa Biologija rastlin P1-0212 in preko financiranja mladega raziskovalca 55856.

Viri

- Ailstock, M. S., Norman, C. M., Bushmann, P. J. 2001. Common reed *Phragmites australis*: Control and effects upon biodiversity in freshwater nontidal wetlands. *Restoration Ecology*, 9(1), 49–59. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100x.2001.009001049.x>
- Andersen, L. H., Nummi, P., Bahrndorff, S., Pertoldi, C., Trøjelsgaard, K., Lauridsen, T. L., Rafn, J., Frederiksen, C. M. S., Kristjansen, M. P., Bruhn, D. 2021. Reed bed vegetation structure and plant species diversity depend on management type and the time period since last management. *Applied Vegetation Science*, 24(1). <https://doi.org/10.1111/avsc.12531>
- Antoniazza, M., Clerc, C., Le Nédic, C., Sattler, T., Lavanchy, G. 2018. Long-term effects of rotational wetland mowing on breeding birds: evidence from a 30-year experiment. *Biodiversity and Conservation*, 27(3), 749–763. <https://doi.org/10.1007/s10531-017-1462-1>
- Armstrong, J., Armstrong, W., Beckett, P. M. 1992. *Phragmites australis*: Venturi- and humidity-induced pressure flows enhance rhizome aeration and rhizosphere oxidation. *New Phytologist*, 120(2), 197–207. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1992.tb05655.x>
- Armstrong, J., Armstrong, W., Beckett, P. M., Halder, J. E., Lythe, S., Holt, R., Sinclair, A. 1996. Pathways of aeration and the mechanisms and beneficial effects of humidity- and Venturi-induced convections in *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. *Aquatic Botany*, 54(2–3), 177–197. [https://doi.org/10.1016/0304-3770\(96\)01044-3](https://doi.org/10.1016/0304-3770(96)01044-3)
- Avers, B., Fahlsing, R., Kafcas, E., Schafer, J., Collin, T., Esman, L., Finnel, E., Lounds, A., Terry, R., Hazelman, J., Hudgins, J. K., Getsinger, K., Scheun, D. 2014. A guide to the control and management of invasive phragmites. Lansing: Michigan Department of Environmental Quality.

- Balčiauskas, L., Balčiauskiene, L. 2022. Long-term changes in a small mammal community in a temperate zone meadow subject to seasonal floods and habitat transformation. *Integrative Zoology*, 17(3), 443–455. <https://doi.org/10.1111/1749-4877.12571>
- Balčiauskas, L., Balčiauskienė, L., Janonytė, A. 2012. The influence of spring floods on small mammal communities in the Nemunas River Delta, Lithuania. *Biologia*, 67(6), 1220–1229. <https://doi.org/10.2478/s11756-012-0116-8>
- Bogusch, P., Heneberg, P., Astapenkova, A. 2020. Habitat requirements of wetland bees and wasps: several reed-associated species still rely on peaty meadows and other increasingly rare wetland habitats. *Wetlands Ecology and Management*, 28(6), 921–936. <https://doi.org/10.1007/s11273-020-09758-5>
- Braun-Blanquet, J. 1964. *Pflanzensoziologie, grundzüge der vegetationskunde* (3rd edition). Vienna. Springer Vienna. 631 str. <https://doi.org/10.1007/978-3-7091-8110-2>
- Burdick, D. M., Konisky, R. A. 2003. Determinants of expansion for *Phragmites australis*, common reed, in natural and impacted coastal marshes. *Estuaries*, 26(2), 407–416. <https://doi.org/10.1007/BF02823717>
- Cattin, M.-F., Blandenier, G., Banašek-Richter, C., Bersier, L.-F. 2003. The impact of mowing as a management strategy for wet meadows on spider (Araneae) communities. *Biological Conservation*, 113(2), 179–188. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(02\)00297-5](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00297-5)
- Čížková, H., Kučera, T., Poulin, B., Květ, J. 2023. Ecological basis of ecosystem services and management of wetlands dominated by common reed (*Phragmites australis*): European perspective. *Diversity*, 15(5), 629. <https://doi.org/10.3390/d15050629>
- Colmer, T. D., Winkel, A., Pedersen, O. 2011. A perspective on underwater photosynthesis in submerged terrestrial wetland plants. *AoB PLANTS*, 2011. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plr030>
- Cui, Q., Yang, H., Wang, G., Ma, J., Feng, L., Liu, J. 2022. Response of soil carbon fractions and enzyme activities to mowing management on in a coastal wetland of the Yellow River delta. *Frontiers in Marine Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.993181>
- Den Hartog, C., Květ, J., Sukopp, H. 1989. Reed. A common species in decline. *Aquatic Botany*, 35(1), 1–4. [https://doi.org/10.1016/0304-3770\(89\)90062-4](https://doi.org/10.1016/0304-3770(89)90062-4)
- Derr, J. F. 2008. Common reed (*Phragmites australis*) response to mowing and herbicide application. *Invasive Plant Science and Management*, 1(1), 12–16. <https://doi.org/10.1614/IPSM-07-001.1>
- Dolinar, N., Regvar, M., Abram, D., Gaberščik, A. 2016. Water-level fluctuations as a driver of *Phragmites australis* primary productivity, litter decomposition, and fungal root colonisation in an intermittent wetland. *Hydrobiologia*, 774(1), 69–80. <https://doi.org/10.1007/s10750-015-2492-x>
- Dolinar, N., Rudolf, M., Šraj, N., Gaberščik, A. 2010. Environmental changes affect ecosystem services of the intermittent Lake Cerknica. *Ecological Complexity*, 7(3), 403–409. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2009.09.004>
- Dwire, K. A., Kauffman, J. B., Brookshire, E. N. J., Baham, J. E. 2004. Plant biomass and species composition along an environmental gradient in montane riparian meadows. *Oecologia*, 139(2), 309–317. <https://doi.org/10.1007/s00442-004-1498-2>
- Fofonoff, P., Ruiz, G. M., Steves, B., Simkanin, C., Carlton, J. T. 2018. National exotic marine and estuarine species information system. <http://Invasions.Si.Edu/Nemesis>.
- Fogli, S., Brancaloni, L., Lambertini, C., Gerdol, R. 2014. Mowing regime has different effects on reed stands in relation to habitat. *Journal of Environmental Management*, 134, 56–62. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.01.001>
- Gaberščik, A., Krek, J. L., Zelnik, I. 2018. Habitat diversity along a hydrological gradient in a complex wetland results in high plant species diversity. *Ecological Engineering*, 118, 84–92. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.04.017>

- Güsewell, S. 2000. Dynamics of common reed (*Phragmites australis* Trin.) in Swiss fens with different management. *Wetlands Ecology and Management*, 8(6), 375–389. <https://doi.org/10.1023/A:1026553700571>
- Güsewell, S. 2003. Management of *Phragmites australis* in Swiss fen meadows by mowing in early summer. *Wetlands Ecology and Management*, 11(6), 433–445. <https://doi.org/10.1023/B:WETL.0000007197.85070.58>
- Hanganu, J., Mihail, G., Coops, H. 1999. Responses of ecotypes of *Phragmites australis* to increased seawater influence: a field study in the Danube Delta, Romania. *Aquatic Botany*, 64(3–4), 351–358. [https://doi.org/10.1016/S0304-3770\(99\)00062-5](https://doi.org/10.1016/S0304-3770(99)00062-5)
- Haslam, S. M. 1972. *Phragmites communis* Trin. (*Arundo phragmites* L.,? *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel). *The Journal of Ecology*, 60(2), 585–610. <https://doi.org/10.2307/2258363>
- Hong, M. G., Nam, B. E., Kim, J. G. 2019. Differences in functional traits of leaf blade and culm of common reed in four habitat types. *Journal of Ecology and Environment*, 43(1), 12. <https://doi.org/10.1186/s41610-019-0113-8>
- Kitazawa, T., Ohsawa, M. 2002. Patterns of species diversity in rural herbaceous communities under different management regimes, Chiba, central Japan. *Biological Conservation*, 104(2), 239–249. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(01\)00170-7](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(01)00170-7)
- Kiviat, E. 2013. Ecosystem services of *Phragmites* in North America with emphasis on habitat functions. *AoB Plants*, 5(0), plt008–plt008. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plt008>
- Kmecl, P., Gamser, M., Ploj, A., Jančar, T. 2022. The challenges of bird conservation on an intermittent karst lake: The interplay between changing water level and agriculture. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 32(9), 1544–1556. <https://doi.org/10.1002/aqc.3854>
- Kranjc, A. 2002. Hidrološke značilnosti. V A. Gaberščik (ur.), *Jezero, ki izginja – Monografija o Cerkniškem jezeru* (str. 81–96). Ljubljana, Društvo ekologov Slovenije.
- Kulik, M., Sender, J., Bochniak, A., Jaźwa, M., Ciesielski, D. 2023. The influence of mowing frequency on the growth and development of *Phragmites australis*. *Journal for Nature Conservation*, 76, 126492. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2023.126492>
- Luo, W., Song, F., Xie, Y. 2008. Trade-off between tolerance to drought and tolerance to flooding in three wetland plants. *Wetlands*, 28(3), 866–873. <https://doi.org/10.1672/07-225.1>
- Martinčič, A., Leskovar, M. 2003. Vegetacija. V A. Gaberščik (ur.), *Jezero, ki izginja – Monografija o Cerkniškem jezeru* (str. 81–96). Ljubljana, Društvo ekologov Slovenije.
- Mook, J. H., van der Toorn, J. 1985. Delayed response of common reed *Phragmites australis* to herbivory as a cause of cyclic fluctuations in the density of the moth *Archanara geminipuncta*. *Oikos*, 44(1), 142. <https://doi.org/10.2307/3544055>
- Nikolajevskij, V. G. 1971. Research into the biology of the common reed (*Phragmites communis* Trin.) in the U.S.S.R. *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica*, 6(2), 221–230. <https://doi.org/10.1007/BF02851764>
- Ojdanič, N., Zelnik, I., Holcar, M., Gaberščik, A., Golob, A. 2023a. Contrasting dynamics of littoral and riparian reed stands within a wetland complex of Lake Cerknica. *Plants*, 12(5), 1006. <https://doi.org/10.3390/plants12051006>
- Ojdanič, N., Holcar, M., Golob, A., Gaberščik, A. 2023b. Environmental extremes affect productivity and habitus of common reed in intermittent wetland. *Ecological Engineering*, 189, 106911. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2023.106911>
- Rolletschek, H. 2000. Physiological consequences of mowing and burning of *Phragmites australis* stands for rhizome ventilation and amino acid metabolism. *Wetlands Ecology and Management*, 8(6), 425–433. <https://doi.org/10.1023/A:1026562002388>

- Tiškus, E., Vaičiūtė, D., Bučas, M., Gintauskas, J. 2023. Evaluation of common reed (*Phragmites australis*) bed changes in the context of management using earth observation and automatic threshold. *European Journal of Remote Sensing*, 56(1). <https://doi.org/10.1080/22797254.2022.2161070>
- Tóth, V. R., Szabó, K. 2012. Morphometric structural analysis of *Phragmites australis* stands in Lake Balaton. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*, 48(2), 241–251. <https://doi.org/10.1051/limn/2012015>
- Vadász, C., Németh, Á., Biró, C., Csörgő, T. 2008. The effect of reed cutting on the abundance and diversity of breeding passerines. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 54, 177–188.
- Widin, S. L., Bickford, W. A., Kowalski, K. P. 2023. *Phragmites* management in high water: cutting plants under water limits biomass production, carbohydrate storage, and rhizome viability. *Wetlands Ecology and Management*. <https://doi.org/10.1007/s11273-023-09946-z>