



Gradivo o vplivu hidroloških razmer in košnje na močvirsko vegetacijo Cerkniškega jezera LIFE Tršca, naloga T.2.2.ii

Igor Zelnik, Aleksandra Golob, Mateja Germ & Nik Ojdanič

Ljubljana, januar 2026.
Posodobljeno: avgust 2026

Projektni partnerji



Sofinancer

Naslov dokumenta:

Gradivo o vplivu hidroloških razmer in košnje na močvirsko vegetacijo Cerknškega jezera

Organizacija in priprava dokumenta:

UL BF

Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana

Kontakt: igor.zelnik@bf.uni-lj.si

Podatki o financerjih:

Dokumentacija je nastala v okviru projekta **LIFE TRSCA 101114184 — LIFE22-NAT-SI-LIFE TRSCA**, ki ga sofinancirata Evropska unija in Ministrstvo za naravne vire in prostor RS.

Dokument pripravili:

Igor Zelnik, Nik Ojdanič, Mateja Germ, Aleksandra Golob.

Kontakt: igor.zelnik@bf.uni-lj.si

Priporočeno citiranje:

Zelnik, I. in sod. (2026): Gradivo o vplivu hidroloških razmer in košnje na močvirsko vegetacijo Cerknškega jezera. LIFE TRŠCA WP 2. UL BF, Ljubljana, januar 2026. 50 str.

Kazalo

Kazalo	2
Povzetek	3
Summary	4
1. Uvod	6
2. Vpliv vode na vegetacijo Cerknškega jezera	7
3. Človek s košnjo odločilno vpliva na vegetacijo Cerknškega jezera	9
4. Trst kot ekološki inženir na Cerknškem jezeru	12
4.1. Prezračevanje potopljenih delov rastlin in vpliv na tla	15
4.2. Vpliv košnje na navadni trst	18
4.3. Vpliv košnje na vitalnot trsta	19
4.4. Medsebojni vpliv košnje in visoke vode	22
5. Biodiverziteteta in košnja močvirske vegetacije	27
6. Učinek košnje v odvisnosti od hidroloških razmer pri vegetaciji visokih šašev	29
7. Spremljanje razmer s pomočjo daljinskega zaznavanja	30
8. Splošni opis posameznih vegetacijskih tipov	36
8.1. Phragmitetum australis Savič 1926	36
8.2. Vegetacija visokih šašev	36
8.3. Caricetum elatae Koch 1926	36
8.4. Caricetum gracilis Savič 1926	37
8.5. Schoenoplectetum lacustris Chouard 1924	37
9. Zaključki	43
10. Viri	44

Povzetek

Za presihajoče Cerkniško jezero je značilno izrazito sezonsko in medletno nihanje vodostaja. Tovrstne razmere ustvarjajo hidrološke gradiente, ki odločilno vplivajo na dostopnost kisika in hranil v tleh in posledično na razporeditev močvirske vegetacije. Poleg vode je ključni dejavnik tudi človekovo upravljanje, predvsem košnja. Učinka hidrologije in košnje sta tesno povezana, saj vodostaj določa tudi dostopnost zemljišč, vegetacija pa se na košnjo odziva različno glede na trajanje poplav in globino vode.

Na višje ležečih območjih, ki so redkeje in krajši čas poplavljeni, uspevajo mokrotni travniki in nizka barja. Nižje ležeča območja so poplavljeni dlje, zato jih naseljuje manjše število dobro prilagojenih vrst. Tam nastajajo obsežni sestoji navadnega trsta, pisane čužke, togega šaša in jezerskega bička. Že majhne višinske razlike lahko povzročijo velike razlike v trajanju poplav in vrstni sestavi. Košnja je nujna predvsem na višje ležečih mokrotnih travnikih in nizkih barjih. Če bi jo opustili, bi se površine začele zaraščati z lesnatimi vrstami. S tem bi izginjali naravovarstveno pomembni habitatni tipi ter številne ogrožene rastlinske in živalske vrste. Košnja odstranjuje biomaso, izboljšuje svetlobne razmere pri tleh in omejuje prevlado visokoraslih vrst. Na najbolj mokrotnih delih jezera pa zaraščanje preprečujejo dolgotrajne poplave in anoksična tla, zato košnja tam ni potrebna za preprečevanje sukcesije.

Navadni trst je ena najpomembnejših vrst Cerkniškega jezera. Tvori goste in produktivne sestoje ter se širi predvsem s podzemnimi koreniki. Zaradi visoke rasti in učinkovitega izkoriščanja svetlobe, vode in hranil trst izključuje druge rastlinske vrste. Kljub temu opravlja pomembne ekosistemske funkcije: skladišči ogljik, privzema hranila, vpliva na mikrobne procese v tleh ter zagotavlja življenjski prostor pticam, nevretenčarjem, dvoživkam in drugim organizmom.

Pomembna prilagoditev trsta je sistem prezračevanja podzemnih delov. Zrak se skozi votla stebila in aerenhim prevaja do korenin in korenin, kar omogoča preživetje v anoksičnih tleh. Poleg difuzije uporablja trst učinkovitejši in hitrejši konvekcijski transport, ki ga povzročajo razlike v vlagi, temperaturi in zračnem tlaku. Med rastno dobo živa stebila z listi dovajajo zrak v podzemne dele, poškodovana in stara lignificirana stebila pa omogočajo njegov izhod. Tako se s kisikom učinkovito oskrbujejo rizomi, korenine in rizosfera.

Košnja zmanjšuje vitalnost trsta, vendar je njen učinek odvisen od časa, pogostosti in vodostaja. Zgodnja košnja, zlasti junija, prekine nalaganje rezervnih ogljikovih hidratov v rizome ter zmanjša rast v naslednjem letu. Pozna jesenska košnja je manj škodljiva, ker so zaloge takrat že prenesene v rizome. Raziskave na Cerkniškem jezeru so pokazale, da so imeli nekošeni sestoji večjo biomaso, višja in debelejša stebila, medtem ko je bilo na košenih ploskvah več, vendar šibkejših poganjkov. Posebej škodljiva je kombinacija košnje in visoke vode, ki sledi tej košnji. Če voda zalije porezana stebila, prodre v prezračevalni sistem ter povzroči anoksijo in odmiranje korenin. Učinek je izrazitejši na nižje ležečih površinah, kjer je voda globlja in ostane dlje. Težka mehanizacija lahko dodatno poškoduje plitve rizome. Na eksperimentalnih ploskvah so nižje ležeči košeni sestoji po dolgotrajni poplavljenosti dosegali bistveno manjšo biomaso.

Košnja povečuje rastlinsko pestrost predvsem z zmanjševanjem konkurence za svetlobo, odstranjevanjem opada in ustvarjanjem vrzeli za kalitev. Na košenih trstičih je bilo v povprečju zabeleženih več rastlinskih vrst kot na nekošenih. Toda gosta in starejša trstičja so pomembna za številne živali, zlasti za ptice, vezane na trstičja. Za ptice so posebej pomembna trstičja tri do štiri leta po košnji, medtem ko se pravkar pokošenim površinam nekatere vrste izogibajo.

Podoben preplet hidrologije in košnje velja za vegetacijo visokih šašev. Košnja lahko poveča pestrost zlasti na bolj namočenih območjih, toda dolgotrajne poplave učinke košnje izničijo in

ponovno vzpostavijo prevlado šašev. Za številne sestoje visokih šašev bi zadostovala košnja na štiri do pet let.

Daljinsko zaznavanje je pokazalo velike spremembe v razširjenosti trstišč. Med letoma 2009 in 2024 so se površine gostih trstišč zmanjšale za 59 %, površine s kodominantnim trstom pa za 74 %. Številna nekdanja trstišča so se spremenila v sestoje visokih šašev. Verjetnost visoke pokrovnosti trsta se je skoraj linearno zmanjševala z intenzivnostjo košnje. Nasprotno se je delež visokih šašev s pogostostjo košnje sprva povečeval, pri vsakoletni košnji pa ponovno nekoliko upadel.

Upravljanje Cerkniškega jezera mora biti zato prilagojeno posameznim rastiščem, oziroma območjem. Na najbolj mokrotnih območjih je treba omejiti vsakoletno košnjo trstišč. Na vseh košenih površinah je nujno odstraniti pokošeno biomaso, saj njeno kopičenje ovira rast poganjkov, pri njeni razgradnji pa nastajajo fitotoksične snovi. Največje skupne biotske pestrosti zato ne moremo doseči z enotnim načinom upravljanja, temveč z mozaikom različno pogosto košenih sestojev. Najprimernejši bi bil mozaični režim obdelovanja, pri katerem se posameznih trstišč ne kosi zaporedoma vsako leto, temveč približno vsaka štiri leta, oziroma se vzdržuje vsaj triletno obdobje brez košnje. Tak pristop lahko hkrati ohrani vitalna trstišča, vrstno bogate travnike, visoka šašja in habitate številnih specializiranih vrst.

Summary

The intermittent Lake Cerknica is characterized by pronounced seasonal and interannual fluctuations in water levels. Such conditions create hydrological gradients that decisively affect the availability of oxygen and nutrients in the soil and, consequently, the distribution of marsh vegetation. In addition to water, human management, especially mowing, is also a key factor. The effects of hydrology and mowing are closely linked, as the water level also determines the accessibility of land, and vegetation responds differently to mowing depending on the duration of floods and the depth of the water.

In higher-lying areas, which are flooded less frequently and for shorter periods, wet meadows and fens thrive. Lower-lying areas are flooded for longer, and are therefore inhabited by fewer well-adapted plant species. Extensive stands of common reed, canary grass, stiff sedge and lake bullrush develop there. Even small differences in elevation can cause large differences in the duration of floods and species composition.

Mowing is necessary, especially in wet meadows and fens thriving at higher elevations. If abandoned, these areas would begin to overgrow with woody species. This would lead to the disappearance of habitat types important for nature conservation and numerous endangered plant and animal species. Mowing removes biomass, improves light conditions at the ground and limits the dominance of tall species. In the wettest parts of the lake, however, overgrowth is prevented by long-term flooding and anoxic soil, so mowing is not necessary there to prevent succession.

Common reed is one of the most important species of Lake Cerknica. It forms dense and productive stands and spreads mainly by underground rhizomes. Due to its high growth and efficient use of light, water, and nutrients, reed excludes other plant species. Nevertheless, it performs important ecosystem functions: it stores carbon, absorbs nutrients, influences microbial processes in the soil, and provides a habitat for birds, invertebrates, amphibians and other organisms.

An important adaptation of the reed is the ventilation system of its underground parts. Air is conducted through the hollow stems and aerenchyma to the rhizomes and roots, which enables survival in anoxic soils. In addition to diffusion, reeds use more efficient and faster convection transport, which is caused by differences in humidity, temperature, and air pressure. During the growing season, live stems with leaves supply air to the underground parts, while damaged and old

lignified stems allow it to escape. In this way, the rhizomes, roots, and rhizosphere are effectively supplied with oxygen.

Mowing reduces the vitality of reeds, but its effect depends on time, frequency, and water level. Early mowing, especially in June, interrupts the accumulation of reserve carbohydrates in the rhizomes and reduces growth in the following year. Late autumn mowing is less harmful because the reserves have already been transferred to the rhizomes by then. Research on Lake Cerknica has shown that unmown stands had higher biomass, taller and thicker stems, while mowed areas had more but weaker shoots.

The combination of mowing and high-water levels following mowing is particularly harmful. If water floods the cut stems, it penetrates the ventilation system and causes anoxia and rhizome decay. The effect is more pronounced on lower-lying surfaces, where the water is deeper and remains longer. Heavy machinery can additionally damage shallow rhizomes. In experimental plots, lower-lying mown stands achieved significantly lower biomass after prolonged flooding. Mowing increases plant diversity mainly by reducing competition for light, removing litter, and creating gaps for germination. On average, more plant species were recorded in mowed reed beds than in unmown ones. However, dense and older reed beds are important for many animals, especially for birds inhabiting the reed beds. Reed beds are particularly important for birds three to four years after mowing, while some species avoid freshly mown areas.

A similar interplay of hydrology and mowing applies to tall sedge vegetation. Mowing can increase diversity, especially in wetter areas, but prolonged flooding cancels out the effects of mowing and re-establishes sedge dominance. For many tall sedge stands, mowing every four to five years would be sufficient.

Remote sensing has shown major changes in the distribution of reed beds. Between 2009 and 2024, the area of dense reed beds decreased by 59%, and the area with codominant reeds by 74%. Many former reed beds have been converted to tall sedge stands. The probability of high reed cover decreased almost linearly with mowing intensity. Conversely, the proportion of tall sedge initially increased with mowing frequency, but then decreased slightly again with annual mowing.

The management of Lake Cerknica must therefore be adapted to individual habitats or areas. In the wettest areas, annual mowing of reed beds should be limited. It is essential to remove mowed biomass from all mowed areas, as its accumulation hinders shoot growth and its decomposition produces phytotoxic substances. The highest overall biodiversity cannot be achieved with a uniform management method, but rather with a mosaic of stands mowed at different frequencies. The most suitable would be a mosaic cultivation regime, in which individual reed beds are not mowed consecutively every year, but approximately every four years, or at least a three-year period without mowing is maintained. Such an approach can simultaneously preserve vital reed beds, species-rich meadows, tall sedges, and habitats of numerous specialized species.

1. Uvod

Cerkniško jezero je presihajoče kraško jezero, za katerega so značilna izrazita sezonska in medsezonska nihanja vodne gladine. Izmenjava poplavljenosti in presuševanja ustvarja prostorske in časovne gradiente v hidroloških razmerah, ki pomembno določajo sestavo in dinamiko močvirske vegetacije. Hidrološki režim, ki vključuje dinamiko nihanja vodne gladine, trajanje in pogostost poplav ter vire dotoka vode, ključno vpliva na fizikalne in kemijske lastnosti tal, kot so redoks razmere, razpoložljivost hranil in stopnja oksigeniranosti. Posledično hidrologija neposredno oblikuje pogoje za rast in preživetje rastlinskih vrst v močvirskih habitatih in je ena ključnih dejavnikov, ki določa razporeditev rastlinskih združb na območju Cerkniškega jezera.

Poleg hidroloških razmerje vegetacija Cerkniškega jezera že stoletja izpostavljena tudi človekovemu upravljanju, predvsem košnji. Košnja z odstranjevanjem biomase zmanjšuje kopičenje opada, spreminja svetlobne razmere in konkurenčne odnose med vrstami ter lahko zavira prevlado visokih kompetitivnih močvirskih vrst, kot je npr. navadni trst. S tem lahko pomembno vpliva na vrstno sestavo, pestrost in strukturo vegetacije.

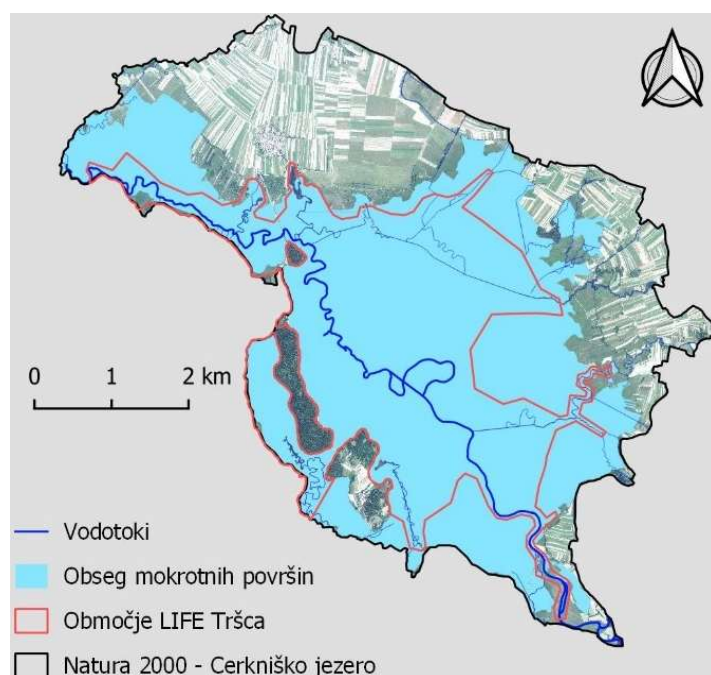
Vpliv košnje je tesno povezan s hidrološkimi razmerami. Dostopnost površin za košnjo je odvisna od trajanja poplavljenosti in časa umika vode, hkrati pa se odziv vegetacije na košnjo precej razlikuje vzdolž hidrološkega gradienta. Spremembe vodnega režima lahko tako neposredno vplivajo na rastlinske združbe, posredno pa lahko tudi spreminjajo intenzivnost oziroma pogostost košenj, kakor tudi učinek košenja na posamezne rastlinske vrste oz. združbe.

Razumevanje skupnega delovanja hidrologije in košnje je zato ključno za pojasnjevanje dolgoročnih sprememb močvirske vegetacije Cerkniškega jezera. Dolgotrajno spreminjanje vegetacije omogoča ugotavljanje, v kolikšni meri opažene spremembe izhajajo iz hidrološke variabilnosti, sprememb v načinu upravljanja ali interakcije obeh dejavnikov, ter predstavljajo pomembno osnovo za načrtovanje ustreznega načina upravljanja in ohranjanja tega edinstvenega mokrišnega ekosistema.

2. Vpliv vode na vegetacijo Cerkniškega jezera

Voda je najpomembnejši naravni dejavnik, ki določa razmere na Cerkniškem jezeru.

Glavna značilnost ekosistema presihajočega jezera je menjavanje suhega in vodnega obdobja. Običajno se v juniju ali juliju Cerkniško jezero izsuši, kar traja vse do jeseni. Proces sušenja in polnjenja jezera se med leti zelo razlikuje, saj je pogojeno z letno razporeditvijo ter količino padavin (Dolinar in sod., 2016). Zaradi posledic klimatskih sprememb se obdobje vodne faze skrajšuje, opazne so tudi spremembe v letni razporeditvi padavin.

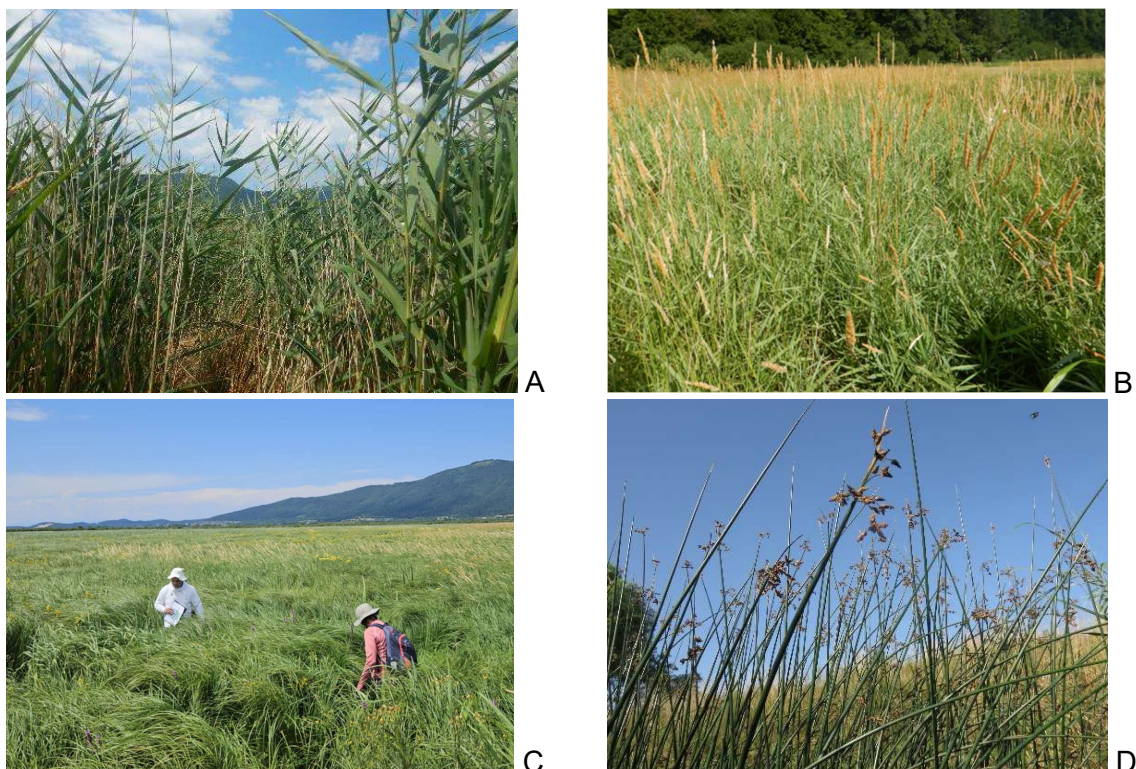


Slika 1: Trajanje in obseg poplavljenosti površin se med leti lahko zelo razlikuje. Razlike so najbolj izrazite na obrobni delih jezera (mokrotnih površin), zaradi česar je tam vegetacija vsako leto podvržena povsem drugačnim hidrološkim razmeram.

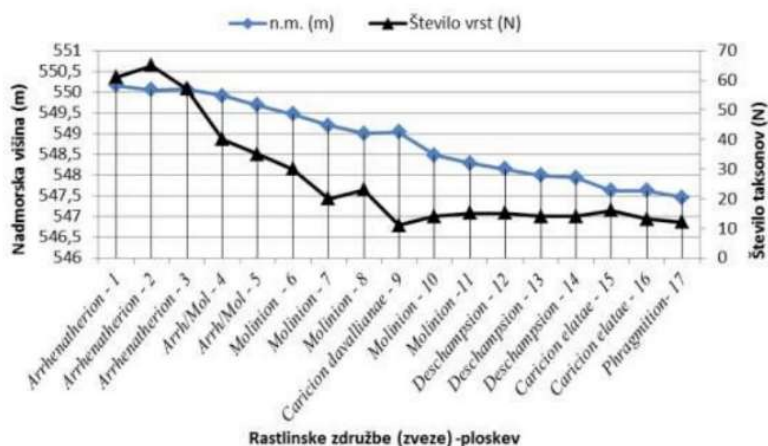
Na presihajočem Cerkniškem jezeru je **voda** glavni naravni dejavnik, ki določa rastiščne razmere in s tem edinstveno prostorsko razporeditev vegetacijskih tipov. Posledično je vegetacija Cerkniškega jezera zelo pestra, kar vpliva tudi na visoko pestrost ostalih vrst. Obseg poplavljenosti, globina vode in trajanje obdobja visoke vode, so vodilni dejavniki, ki določajo edinstveno prostorsko razporeditev in visoko pestrost rastlinskih združb.

Rastlinske vrste mokrotnih rastišč, ki niso prilagojene na dolgotrajno poplavljanje, uspevajo na višje ležečih območjih z nekoliko večjo nadmorsko višino (Dwire et al., 2004; Gaberščik in sod., 2018), ki jih voda doseže le ob najvišjih vodostajih, oziroma tam ostane le za krajši čas (Luo in sod., 2008).

Rastlinske vrste, prilagojene na poplavljenost, pa lahko uspevajo tudi na nižje ležečih območjih. Takšnih vrst je manj in tako na dolgotrajno poplavljenih rastiščih pogosto najdemo obsežne sestoje z razmeroma majhnim številom vrst. V teh sestojih izrazito prevladujejo rastlinske vrste, ki so razvile učinkovite prilagoditve na poplavljenost, v katerih hitro zmanjka kisika. Vrstna pestrost na nižjih območjih je tako manjša v primerjavi z višjimi, manj namočenimi območji (Gaberščik in sod., 2018). Običajno se vsako leto v poletnem času tudi ta območja osušijo. Na teh mestih uspeva **močvirska vegetacija**. V osrednjem delu Cerkniškega jezera največje sestoje gradijo navadni trst ali tršča (*Phragmites australis*) (Slika 2 A), pisana čužka (*Phalaris arundinacea*) (Slika 2 B) in togi šaš (*Carex elata*) (Slika 2 C). V letih z dolgim obdobjem visoke vode se razširijo tudi sestoji jezerskega bička (*Schoenoplectus lacustris*) (Slika 2 D).



Slika 2: Na osrednjem delu Cerkniškega jezera največje površine poraščajo naslednje dominantne vrste: navadni trst ali tršča (*Phragmites australis*) (Slika 2 A), pisana čužka (*Phalaris arundinacea*) (Slika 2 B), togi šaš (*Carex elata*) (Slika 2 C) in jezerski biček (*Schoenoplectus lacustris*) (Slika 2 D).



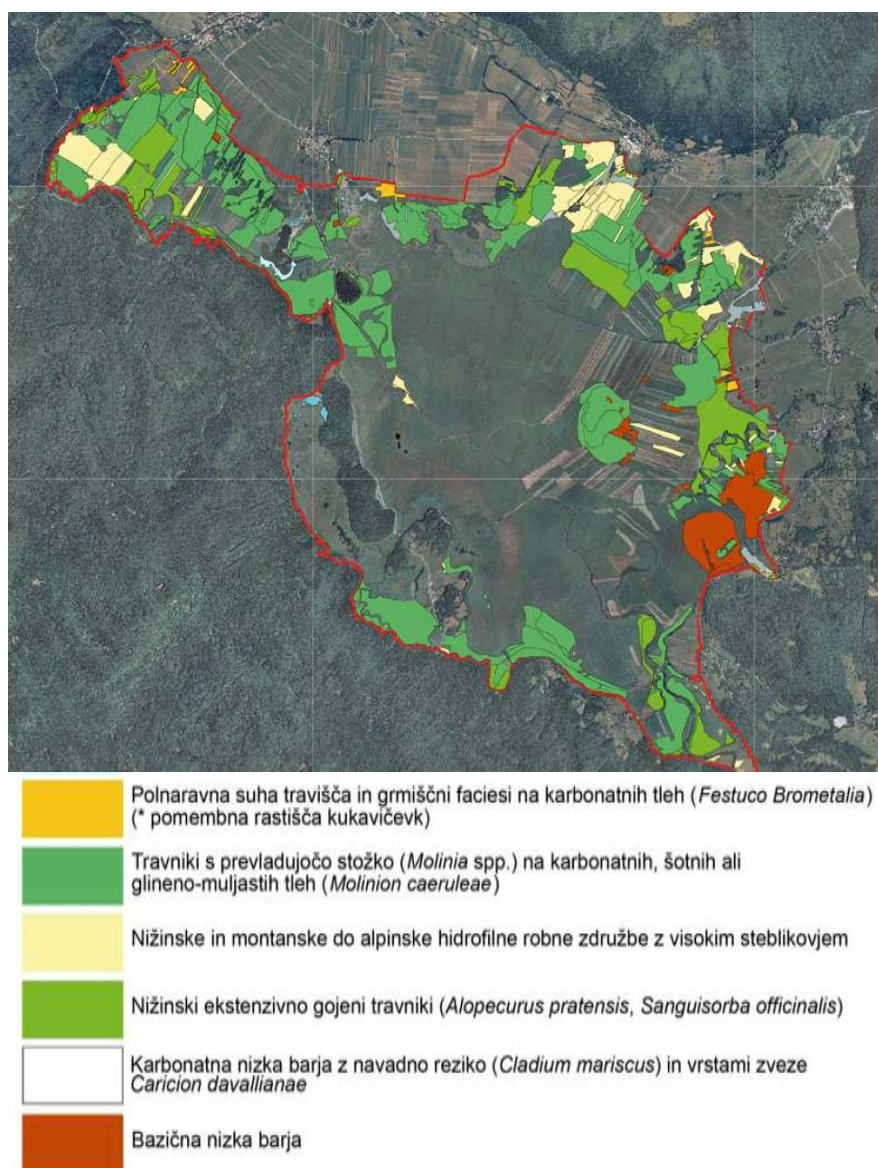
Slika 3: Razporeditev rastlinskih združb vzdolž hidrološkega gradienta na Cerkniškem jezeru (iz Gaberščik in sod., 2018).

Z nadmorsko višino se rastiščne razmere hitro spreminjajo. Rastišče, ki leži le 1 m nižje, lahko ima veliko daljši čas poplavljenosti, ki je za mnoge vrste nevzdržna, zato se vrstna sestava vzdolž gradienta hitro spreminja, s tem pa tudi vegetacijski tipi (Slika 3). Najvišje ležeča rastišča v okviru presihajočega Cerkniškega jezera so poplavljeni krajši čas, nekatera le ob najvišjih vodostajih. Na takih območjih najdemo mokrotne travnike in nizka barja, ki jih domačini, oziroma lastniki zemljišč imenujejo blata.

3. Človek s košnjo odločilno vpliva na vegetacijo Cerkniškega jezera

Pomemben dejavnik, ki vpliva na prostorsko razporeditev vegetacijskih tipov, je tudi **košnja**. Omenjeni višje ležeči predeli jezera, ki so redko pod vodo, bi se ob prenehanju košnje zarasli z vrbami, črno jelšo, krhliko in drugimi vlagoljubnimi lesnatimi vrstami. Ker so lesnate vrste kompeticijsko močnejše, bi v procesu naravne sukcesije lesnata vegetacija zamenjala vegetacijo mokrotnih travnikov in nizkega barja. S tem bi izgubili številne habitate, od katerih so nekateri celo prednostni glede na Habitatno Direktivo. Ti habitati so dom številnim ranljivim in ogroženim vrstam rastlin, ptic in drugih manj prepoznavnih skupin živih bitij.

Košnja predstavlja fizično motnjo, ki na teh območjih **zavira proces zaraščanja, oziroma** sukcesije in v primeru ustreznega obdelovanja zemljišč, ohranja vrstno pestrost rastlinskih in posledično drugih vrst, ki se pojavljajo v mokriščih (Cattin in sod., 2003). Primeren režim **košnje tako lahko ohranja naravovarstveno pomembne habitate** in nanj navezane **vrste**.



Slika 4: Prioritetni habitatni tipi Natura 2000 na območju Cerkniškega jezera.

Prioritetni habitatni tipi Natura 2000 na območju Cerkniškega jezera se nahajajo na obrobni območjih, oziroma na površinah z višjo nadmorsko višino. Znotraj območja Natura 2000 največje površine zavzema HT Travniki s prevladujočo stožko (*Molinia* spp.) na karbonatnih, šotnih ali glineno-muljastih tleh (*Molinion caeruleae*), Nižinski ekstenzivno gojeni travniki (*Alopecurus pratensis*, *Sanguisorba officinalis*), Bazična nizka barja, Nižinske in montanske hidrofilne robne združbe z visokim steblikovjem. Ob opustitvi košnje, bi se te površine v nekaj letih zarasle z lesnatimi vrstami (glej Sliko 5), kar pomeni, da bi obstoječe prioritetne HT zamenjali drugi, z naravovarstvenega stališča manj pomembni, diverziteta pa bi se s tem zmanjšala.



Slika 5: Gorenja blata (zgoraj) in Dolenja blata se na zemljiščih, ki jih ne kosijo zaraščajo z lesnato vegetacijo.

Košnja lahko pripomore k ohranjanju vrst in združb na nizkih barjih in podobnih habitatih, ki so precej razširjeni na obrobni delih jezera. Povečana dostopnost svetlobe do barjanskih tal na račun košnje, je najverjetneje glavni dejavnik za takšne pozitivne učinke. Zmanjšana dostopnost svetlobe je namreč lahko glavni vzrok za izgubo številnih redkih vrst (Kotowski & van Diggelen, 2004). Tekmovanje za svetlobo pa je mogoče zmanjšati z ustreznim režimom košnje, ki je običajno povezan tako z ohranjanjem mokrotnih travnikov kot s združbami nizkih barij.



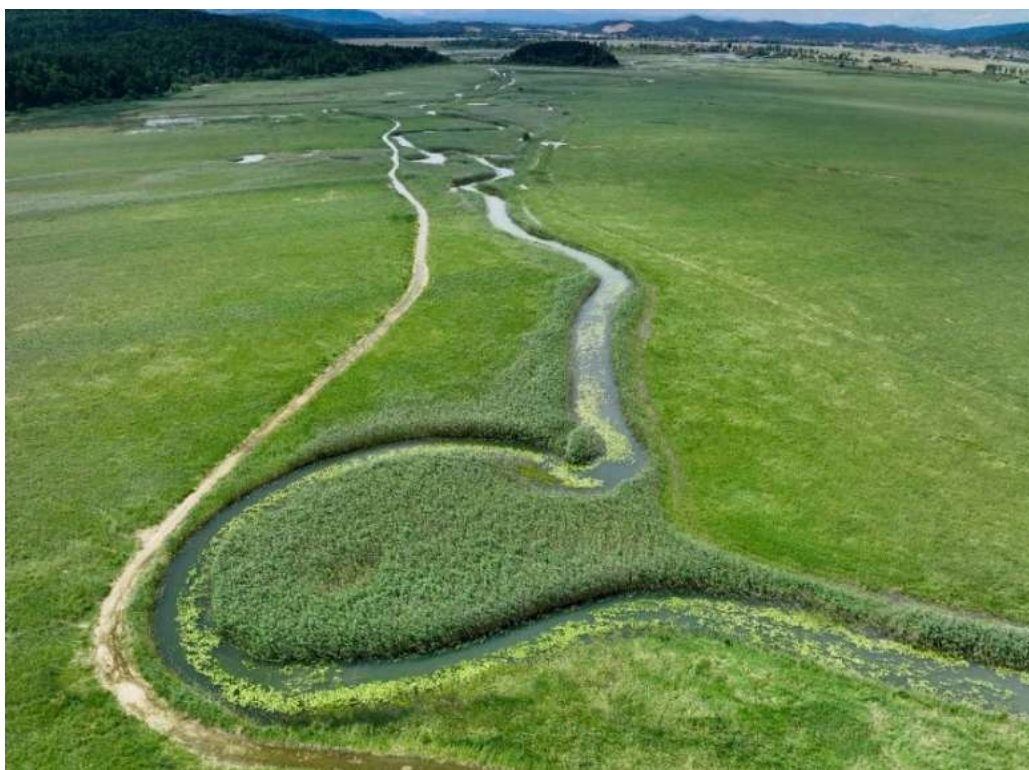
Slika 6: Blata med vasema Gorenje Jezero in Goričice, na obsežnih površinah barja prevladuje rjasti sitovec, tam pa najdemo številne ogrožene vrste kot sta *Liparis loeselii* in *Drosera intermedia*.



Epipactis palustris *Orchis palustris*

*Slika 7: Pod Dolenjim Jezerom so ohranjeni mokrotni travniki s stožko, ki se ji ponekod pridruži ali v sestojih celo prevlada črnikasti sitovec (Dolenja blata). Na teh mestih uspevajo številčne populacije kukavičevk kot sta *Epipactis palustris* in *Orchis palustris*.*

V osrednjem delu jezera, ki ima nižjo nadmorsko višino kot obrobni predeli, **proces sukcesije zavira daljša vodna faza**, ki preprečuje rast in razvoj lesnatih vrst (Slika 8), saj se te v tleh z dolgotrajno anoksičnimi razmerami ne morejo razvijati. Ob ohranjanju hidroloških razmer, kot jih poznamo danes, se najbolj mokrotni predeli jezerskega dna ne bi zarasli z lesnato vegetacijo, kar je drugače kot lahko opazimo na obrobni predelih z večjo nadmorsko višino. V najdlje poplavljenih predelih najdemo obsežne sestoje jezerskega bička, ki uspeva tudi v Strženu in pritokih ter v jezerskih oknih. Največji sestoji bička pa se nahajajo v litoralu zadrževalnika nad Rešetom (Slika 9). V hidrološkem gradientu eno stopnjo višje najdemo obsežna trstičja, ki lahko uspevajo tudi na tleh, ki so celo leto pod vodo v najbolj poplavnih letih ali pa večji del leta na suhem.



Slika 8: V okljuku Stržena pod območjem Ključi, lahko vidimo velik sestoj trstičja, ki ni bil pokošen vsaj od leta 2017.



Slika 9: Največji sestoji bička uspevajo v litoralu zadrževalnika, v jezerskih oknih in v strugah jezerskih rek, kjer je voda prisotna najdlje.

4. Trst kot ekološki inženir na Cerknškem jezeru

Navadni trst ali tršca, z znanstvenim imenom *Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steud, je razširjen po celem svetu in se pogosto pojavlja v mokriščih. Trst ima široko ekološko valenco, kar mu omogoča uspevanje v zelo raznolikih razmerah, a lahko **raste tudi v tleh, ki so nasičena z vodo ali poplavljeni in v njih zmanjka kisika**. Gre za odporno vrsto, ki lahko preživi in se razmnožuje v različnih okoljskih razmerah (Avers in sod., 2014). Kar se tiče temperature ga motijo le zelo nizke temperature spomladi, ki povzročajo zmrzal (Haslam, 1972). V optimalnih razmerah tvori goste, visoke in zelo produktivne sestoje, v katerih mu večina drugih vrst rastlin ne predstavlja omembe vredne konkurence. Navadni trst je izjemno kompetitivna vrsta in je dobro prilagojen na različne stresne dejavnike. Zaradi hitre rasti, visokih nadzemnih in globokih podzemnih delov, kompeticijsko izključuje ostale rastlinske vrste, saj bolj učinkovito izkorišča dane vire (vodo, minerali in svetlobo) (Ailstock in sod., 2001). Ko se trst ustali v porečju, je zelo verjetno, da se bo razširil v druge predele, bodisi s človekovim delovanjem, bodisi z naravnim prenosom delov korenin in semen (Hazelton in sod., 2014).

Na Cerknškem jezeru je trst pomembna vrsta, saj zagotavlja številne ekosistemske storitve. Privzema anorganska hranila, ki prihajajo na jezero na različne načine, ogljikov dioksid in s tem pripomore k skladiščenju ogljika, s tem pa posredno tudi k blaženju klimatskih sprememb. Trst s prezračevalnim učinkom vpliva tudi na funkcioniranje mikrobne združbe v tleh (Kiviat, 2013). Trst zagotavlja življenjski prostor številnim rastlinskim in živalskim vrstam. Valkama in sod. (2008) poudarjajo, da imajo trstičja veliko ekološko vrednost, saj so dom številnim redkim rastlinskim vrstam, številnim vrstam ptic in več kot 700 vrstam nevretenčarjev.

Gladina vode je pomemben dejavnik za trstišča, vpliv vode pa je izražen predvsem prek učinka na potencialne tekmece, med katerimi mnogi ne prenašajo dolgotrajne poplavljenosti (Haslam, 1972). Za vitalnost trsta so škodljive predvsem nagle spremembe nivoja vodne gladine (Haslam, 1972).

Ekstremni vodostaji še najmanj prizadenejo trst. V sušnih razmerah, je trst v prednosti pred ostalimi močvirskimi vrstami zaradi sistema rizomov in korenin, s katerimi se trst lahko oskrbuje tudi z vlago iz globljih horizontov (Kolos and Banaszuk, 2013). Trstičja, ki so bila prisotna na košenih in kontrolnih ploskvah, so preživela neugodne razmere zaradi pomanjkanja vode in se razširila ob višjih vodostajih.

Glede naravnih razmer je med najpomembnejšimi negativnimi vplivi na rast in razvoj trsta majhna količina padavin v spomladanskih mesecih, ko se ta najintenzivneje razrašča (Choi in sod., 2012). Višina in gostota poganjkov trsta sta v bolj sušnih letih dosegali precej nižje vrednosti, če pa je prišlo do upada vodne gladine poleti, po obdobju najhitrejšje pomladanske rasti, so bili poganjki celo višji (Kulik in sod., 2023).

Navedbe o času, ko trst doseže največjo biomaso, se med raziskovalci iz različnih območij razlikujejo. Ponekod je to julija, drugod avgusta ali celo septembra (Karunaratne in sod., 2004). Najvišjo stopnjo prirasta biomase ($1,05 \text{ kg/m}^2$) v avgustu so potrdili tudi Choi in sod. (2012). Na Irskem so najvišjo nadzemno biomaso zabeležili avgusta ($1,636 \text{ kg/m}^2$), precej nižjo pa junija ($0,835 \text{ kg/m}^2$) (Mulkeen in sod., 2017). Sama velikost biomase je močno odvisna od rastiščnih razmer, kot so pH tal, dostopen N in lokacija mokrišča (Shuai in sod., 2016), ki so lahko vzrok za skoraj 10-kratne razlike v biomasi.

Trst se primarno **širi s podzemnimi koreniki** iz katerih izraščajo genetsko enaka stebila, kar omogoča hitro širjenje in kolonizacijo rastišč. Povprečna življenjska doba trsta je 4,5 leta, (največ 6 let), a zaradi klonalne razrasti ti sestoji lahko živijo stoletja (Haslam, 1972; Kulik in sod., 2023). V tleh zgradi gosto mrežo korenin in korenin, ki lahko segajo do globine 2 m, da dosežejo podzemno vodo. Rastlina se s podzemnimi koreniki horizontalno lahko zelo učinkovito širi do 11 m v sezoni, zaradi česar je trst invazivna vrsta, ki tvori obsežne monotipične sestoje (Swearingen in Saltonstall, 2010). Vegetativno širjenje s podzemnimi koreniki lahko privede do nastanka gostih zaplat, ki lahko dosežejo več kot $200 \text{ poganjkov/m}^2$ (Haslam, 1972). Gostota poganjkov variira od 25 do 300 poganjkov na m^2 in se poveča pri 2-3x košnji ter pri zgodnji košnji (junija), medtem ko je za sestoje, ki so pokošeni enkrat, vendar kasneje, značilna manjša gostota poganjkov (Kulik in sod., 2023). Po drugi strani pa tak način razraščanja vodi v zmanjšanje genetske variabilnosti trsta.

Razširjanje s pomočjo semen je manj pogosto, zlasti kadar gre za razširjanje znotraj ekosistema. 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). Če so tla poplavljen in je voda globlja od 5 cm semena trsta ne vzklijejo (Marks in sod., 1994). Da semena trsta vzklijejo, se mora T zraka v enem dnevu spremeniti za vsaj 8°C (Hans Brix, 2026, ustni vir).

Ker se trst po naselitvi običajno razmnožuje s klonskim širjenjem in ne s semeni, je genetska variabilnost znotraj populacij manjša v primerjavi z variabilnostjo med populacijami. Ker se trst pojavlja v različnih mokriščnih habitatih tudi v okviru kompleksa mokriščnih habitatov kot je Cerkniško jezero, je genetska variabilnost med populacijami tam pričakovana.



Slika 10: Trst zgradi gost preplet podzemnih rizomov, iz katerih izraščajo številni navpični poganjki, ki oblikujejo goste in težko prehodne sestoje tudi nad tlemi.

Že Neuhaus in sod. (1993) so pokazali, da je lahko **odmiranje trstičja** povezano z zmanjšano genetsko variabilnostjo znotraj populacij. Rastline se zaradi manjše genetske variabilnosti ne morejo ustrezno prilagoditi razmeram, ki so se v zadnjih desetletjih spremenile (van der Putten, 1997). Neuhaus in sod. (1993) so dokumentirali variabilnost DNK med kloni. Analiza »DNA-finger-printing« je razkrila, da so populacije lahko genetsko zelo raznolike glede na klonalno strukturo. Nekateri sestoji so bili sestavljeni le iz enega klona in so pokrivali več kot 3000 m², medtem ko so druge sestavljali številni kloni z različnimi vzorci DNA (Koppitz in Kuhl, 2000). Zmanjševanje genetske variabilnosti z naraščajočo starostjo populacije je lahko zgolj proces populacijske dinamike. Nadaljnje raziskave bi se zato morale osredotočiti na klonalno strukturo populacij in tekmovanje med kloni, da bi ugotovili, ali se ekotipska diferenciacija povečuje pod vplivom različnih selekcijskih dejavnikov. Odmiranje trsta se kaže na različne načine: umikanje iz globoke vode, redčenje sestojev in šopasta rast, kjer je v šopu na desetine bistveno tanjših in nižjih poganjkov, kot jih najdemo v vitalnem trstičju.

Evtrofikacija nima neposrednega vpliva na nenadno odmiranje trstičja, vendar je v kombinaciji s stoječo vodo (npr. zaradi sprememb pri upravljanju vodne gladine) ključen dejavnik. Na lokacijah, kjer prihaja do odmiranja, je bilo zračenje rastlin moteno zaradi **zapor v aerenhimu**. Posledica evtrofikacije je lahko zmanjšanje deleža intercelularjev v aerenhimu rastlin, saj so pri nekaterih vrstah šašev ugotovili povezavo med tem pojavom in zviševanjem koncentracije hranil (Končalova, 1990). Posredno lahko evtrofikacija povzroči anoksijo v podzemnih rastnih vršičkih trsta. Ko talne bakterije razgrajujejo večjo količino organske snovi, ki nastaja zaradi evtrofnosti, se poveča potreba po kisiku v rizosferi. To lahko okrepi radialno uhajanje kisika iz korenin skozi prepustne koreninske stene, kar lahko še od zunaj prispeva k anoksiji v rastnih vršičkih.

Zapore v aerenhimu, oziroma prezračevalnem sistemu trsta, verjetno vplivajo na klonalno zgradbo, strukturo populacije in sestavo plinov v sedimentu (Armstrong in sod., 1996; Sorrell in sod., 1996). Pojav odmiranja trstičja se lahko kaže tudi kot nenormalna rast trstičja v gostih šopih. Rast v šopih bi lahko pojasnili z izgubo apikalne dominacije, do katere pride, ko so prezračevalni in/ali prevodni sistemi med vršičnimi brsti in preostalim delom rizoma blokirani, nadzemni poganjki pa odmrejo. Izguba apikalne dominacije povzroči nenadzorovano odganjanje spečih brstov, kar lahko vodi do neenakomernega vzorca rasti (Armstrong in sod., 1996) v šopih. To lahko privede tudi do izčrpanja zaloga hranil v rizomu.

En od razlogov za odmiranje trsta so tako tudi fitotoksini, ki se sproščajo med razgradnjo opada trsta ali organske snovi iz zunanjih virov, vplivajo pa na transport plinov skozi tkiva, oziroma prezračevalni sistem trsta. Sediment običajno vsebuje razmeroma veliko količino organske snovi, stopnja metanogeneze pa je visoka. Poleg tega tudi v rizosferi, kjer ni dovolj kisika, pride do znižanja redoks potenciala tal, med mikrobno razgradnjo pa tako nastajajo fitotoksične snovi (Laanbroek, 1990). Izkazalo se je, da je mezotrofni habitat povezan z največjim kopičenjem zaloga ogljikovih hidratov,

medtem ko so bile v oligotrofnem habitatu spomladi izčrpane zaloge v starih koreninah, ne pa tudi v enoletnih rizomih.

4.1. Prezračevanje potopljenih delov rastlin in vpliv na tla

Nekatere vrste močvirskih rastlin kot so *Carex acuta* za transport plinov uporabljajo molekularno difuzijo (Končalova in sod., 1988). Končalova in sod. (1988) so za *Carex acuta* ugotovili, da je pri izmenjavi plinov med koreninami in substratom sicer pomemben tudi masni tok, vendar je zaradi stalno višje koncentracije CO₂ v anoksičnih tleh masni tok iz korenin ustavljen, kisik pa tako po celotnem sistemu od atmosfere, preko listov in stebel ter korenin v rizosfero potuje le z difuzijo.

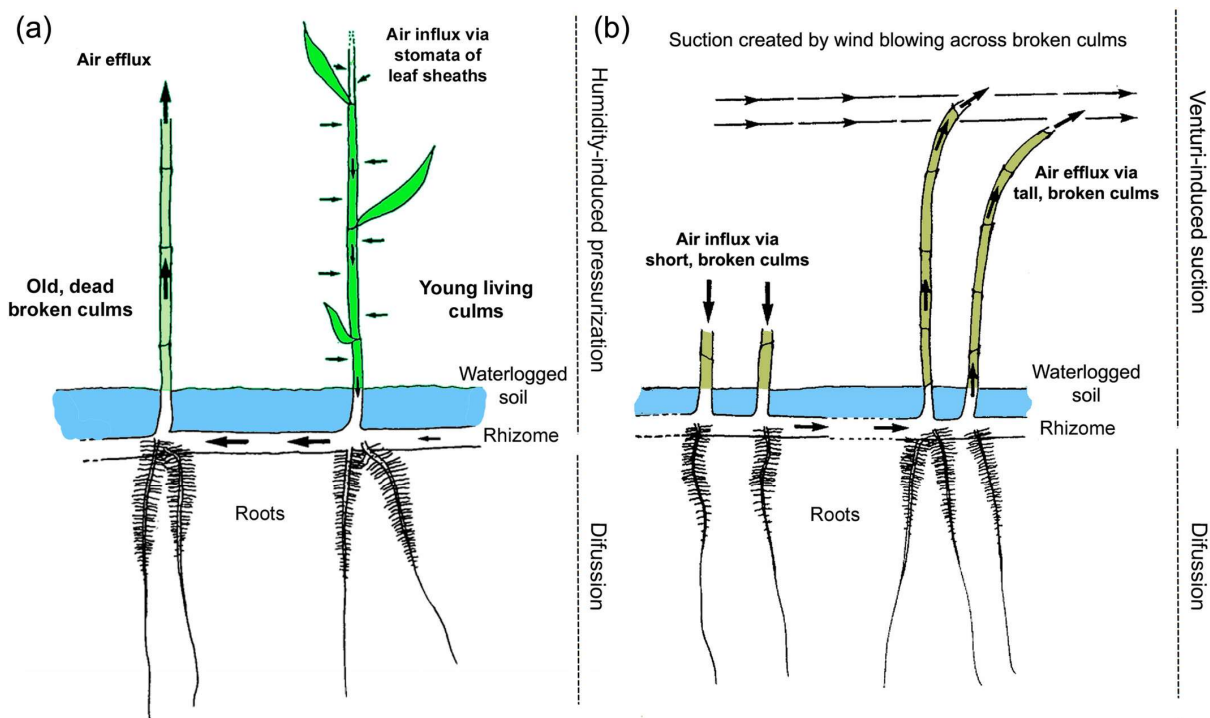
Drugi močvirski taksoni, kot sta rogoz (*Typha* ssp.) in trst (Sorrell & Boon, 1994), uporabljajo dodaten sistem, ki temelji na **konvekcijskem toku** pri katerem posamezen plin (kisik, metan) teče iz območij visokega parcialnega tlaka v območja z nižjim tlakom. Potrebno tlačno razliko rastline dosegajo z različnimi mehanizmi - z razliko v vlažnosti (konvekcija, ki jo povzroča zračna vlaga) in z razliko v hitrosti vetra (konvekcija v venturijeve cevi), tok plinov pa se vzpostavi s pomočjo sistema votlih delov in aerenhimov (Armstrong in sod., 1992; Brix in sod., 1992). Učinek izmenjav plinov je odvisen od doprinosa posameznih mehanizmov, transport pa je hitrejši, ko rastline uporabljajo konvekcijski mehanizem transporta plinov, v primerjavi z molekularno difuzijo (Sorrell in Boon, 1994).

Konvekcijski transport kisika iz ozračja v koreninski sistem trsta so z meritvami dokazali Armstrong in Armstrong (1990, 1991) in Brix in sod. (1992, 1996). Značilnosti trsta, kot so valjasto votlo steblo in črtalasti listi, prisotnost starih odmrlih stebel in živih poganjkov, ki izraščajo iz istega prepleta podzemnih korenin, prisotnost starih in zelenih listov, pritrjenih na isto steblo ter odsotnost meristemskega tkiva v stebelu, omogočajo transport plinov zaradi razlike tlakov.

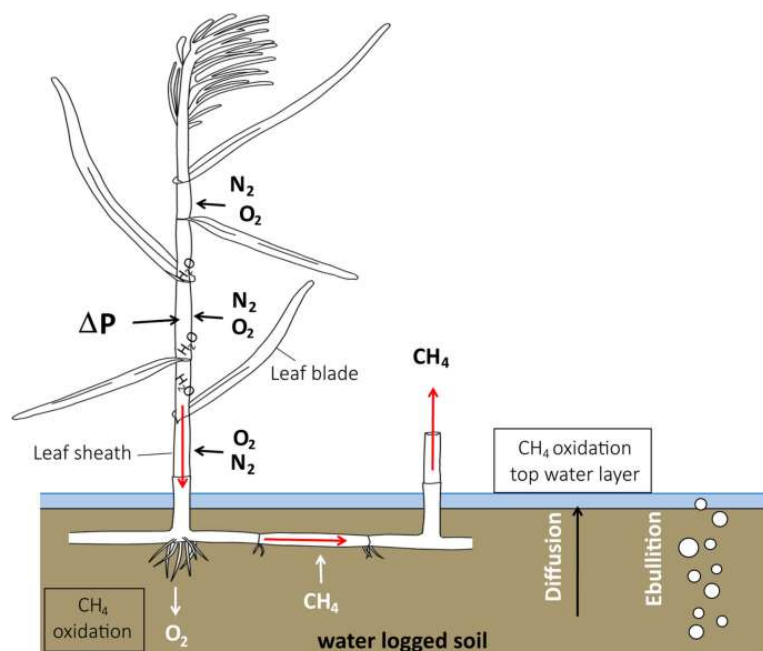
Pri številnih vrstah močvirskih rastlin je transport plinov (dovod kisika, emisije metana) intenzivnejši v svetlobi kot v temi (Van der Nat in sod., 1998). Poleg vpliva na temperaturo tal in rastlin, lahko svetloba poveča pretok plinov (kisik), tako da (1) povzroči premik od difuzijskega h konvekcijskemu transportu (Brix in sod., 1992), (2) s povečanjem stomatalne prevodnosti in (3) s povečanjem fotosinteze in s tem sproščanja kisika.

V rastni dobi, ko sonce sije na zelene liste, se zaradi razlik v tlaku vodnih hlapov pojavi tok zraka, ki skozi odprte reže na listnih nožnicah vdira v steblo in teče v smeri rizomov. Zrak iz sistema izhaja skozi odmrle lignificirana stebila iz prejšnjih sezon, ali pa skozi poškodovana, oziroma odrezana stebila iz tekoče rastne sezone (Armstrong in sod., 1992). V tem procesu pride do oksigenacije rizomov, korenin in tudi rizosfere na zunanji strani korenin. Ta proces poteka le podnevi in v času vegetacijske sezone, ko so listi zeleni.

Van der Nat in sod. (1998) so ugotovili, da pri trstu **13-46% transporta plinov** poteka z **difuzijo**. Konvekcijski transport plinov je močno odvisen od intenzitete svetlobe, ki pada na trst (Brix in sod. 1992). Tudi difuzijski transport je sicer intenzivnejši pri močnejši svetlobi, vendar razlike niso tako velike kot pri konvekcijskem.



Slika 11: Iz Striker (2023), prilagojeno po Armstrong in sod. (1996). Lignificirana stebila delujejo kot Venturijeve cevi in zaradi razlik v tlaku med zunanostjo in notranostjo stebila, dovajajo zrak v korenike. **Dovod kisika v korenike** s tem mehanizmom omogoča, da **trst preživi** v anoksičnih tleh izven vegetacijske sezone.



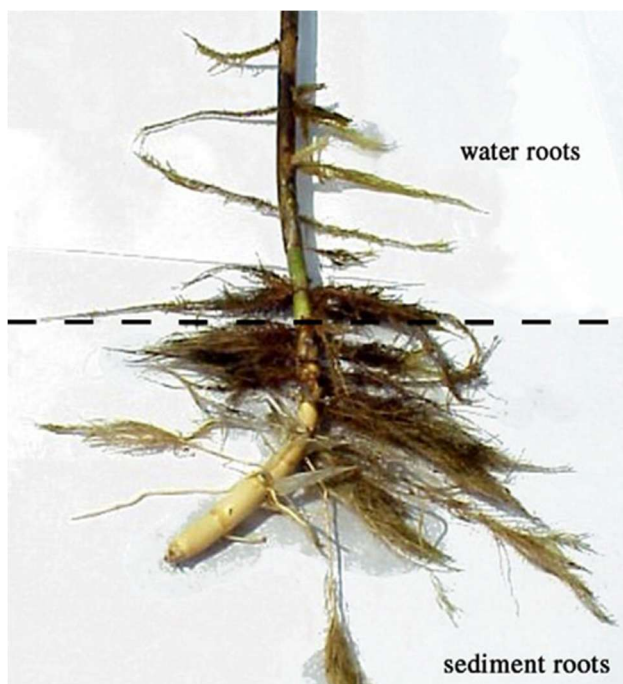
Slika 12: Shematski prikaz konvekcije, ki jo povzroča vlaga znotraj rastlin trsta (*Phragmites*) (iz van den Berg in sod., 2021 <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69034-7>). N_2 in O_2 se prenašata skozi reže listnih nožnic, pri čemer sledita difuzijskemu gradientu. V živih rastlinah se v stebelu ustvari višji tlak (ΔP), kar ustvarja zračni tok proti koreniki in se vrača v ozračje preko starih ali poškodovanih stebel (rdeče puščice). O_2 se prenaša v tla, CH_4 , ki nastaja v tleh potuje z difuzijo v koreniko, nato pa se prenaša v ozračje. Na mestih, kjer sta O_2 in CH_4 prisotna skupaj, poteka oksidacija CH_4 .



Slika 13: Prerezana podzemna korenika trsta, iz katere navpično navzgor izraščajo stebela, v ostale smeri pa adventivne korenine.

Ob koncu rastne sezone celične stene v steblu odebelijo in lignificirajo (Nikolajevskij, 1971). Lignificirana, oziroma na videz odmrta stebela, so del prezračevalnega sistema, ki omogoča podzemnim in potopljenim delom rastline, da lahko preživi več mesecev v anoksičnem okolju tudi izven vegetacijske sezone (Armstrong in sod., 1992). Kisik sicer prihaja v podzemne dele z difuzijo, vendar je ta proces počasen in ne omogoča učinkovite oskrbe podzemnih delov s kisikom. Klonalna razrast trsta, kjer iz iste rastline požene preplet podzemnih korenik iz te pa navpično izraščajo številna stebela, pa omogoča nastanek konvekcijskega prezračevanja in tokov zraka po prepletu votlih in z aerenhimom opremljenih rastlinskih delov. Pri tem je pomembna prisotnost različno starih stebel, z različno višino (Brix in sod., 1996). V procesu Venturijeve konvekcije zaradi tlačnega diferenciala med zunanostjo in notranostjo različno visokih stebel, ki se pojavi ob vetru, krajša stebela dovajajo zrak, oziroma kisik v podzemne dele (Armstrong in sod., 1996).

Če je na začetku rastne sezone trst pod vodno gladino, tvori adventivne korenine pri kolencih stebela (Slika 14) in zračne filme na površini potopljenih listov, ki omogočajo izmenjavo plinov za fotosintezo (Colmer in sod., 2011). Primarna produkcija je manj intenzivna kot nad vodno gladino, zato je navadni trst odvisen od zalog v rizomih, ki mu omogočijo, da hitreje zraste iz vode in s tem občutno poveča primarno produkcijo. Vsakoletna košnja v rastni dobi izčrpa rizome, kar se odraža na vitalnosti nadzemnih delov trsta (Widin in sod., 2023).



Slika 14: Steblo trsta z adventivnimi koreninami, ki izraščajo na kolencih.

Na Cerkniškem jezeru je za trstišča tako pomembna tudi višina vodne gladine v začetku rastne sezone. Visok vodostaj, ki vztraja dalj časa v začetku rastne sezone, onemogoči hiter preboj nadzemnih delov nad vodno gladino, kar se kasneje v rastni sezoni izrazi v obliki oslabiljene vitalnosti rastlin (Ojdanič in sod., 2023a).

Salhani in Stengel (2001) sta preučevala učinek močvirskih rastlin na izmenjavo plinov med atmosfero in rizosfero v potopljenem substratu, pri čemer je bil najbolj učinkovit trst, ki zaradi konvekcijskega prezračevanja ustvarja močan tok zraka po sistemu stebel in podzemnih korenin. S tem trst omogoči učinkovito dovajanje kisika v anoksična tla in emisijo plinov iz potopljenih tal v atmosfero. Najbolj izrazit učinek na izmenjavo plinov je imel trst **v avgustu**, nekoliko **manj pa v septembru** in oktobru (Salhani in Stengel (2001). Pri jezerskem bičku (*Schoenoplectus lacustris*) so bile vrednosti koncentracij plinov v tleh enake kot pri neporaslem substratu, kar kaže, da biček ne prispeva k **prezračevanju tal**. Že Van der Nat in sod. (1998) so ugotovili, da pri bičku konvekcijskega transporta plinov ni, saj ima biček samo polna zelena stebela brez listov, kar ustvarja veliko večji upor pri pretoku plinov kot pri trstu (slika), verjetno zaradi prisotnosti meristemskega tkiva znotraj stebel. V bičku ne pride do vpostavitve konvekcijskega toka, ki ga povzročata razlika v vlažnosti zraka, oziroma v temperaturi.

Prednost bička pred trstom je da lahko dolgo časa uspeva pod vodo, pri čemer je lahko popolnoma potopljen. Biček izloča snovi, ki inhibitorno delujejo na alge, pri čemer so najbolj učinkovite fenolne spojine z nizko molekulsko maso, npr. katehin (D'Abrosca in sod. (2006). Zaradi fenolnih spojin, ki jih biček izloča v vodo, se v obdobju ojezeritve njegova stebela manj zaraščajo s perifitonom, kar pozitivno vpliva na njegovo produktivnost, saj ima s tem boljši dostop do svetlobe in CO₂ iz vode. Visoka voda zato bička ne prizadene, saj potopljena stebela lahko učinkovito fotosintetizirajo tudi pod vodo, kar je tudi razlog, da biček večinoma najdemo v jezerskih rekah in oknih, oziroma na rastiščih z nižjo nadmorsko višino.

4.2. Vpliv košnje na navadni trst

Večina raziskav o vplivu košnje na trst je povezana z iskanjem metod zatiranja evropskega genotipa navadnega trsta v Severni Ameriki, kjer je ta zelo invaziven, tako da je košnja v teh primerih ukrep za zatiranje trsta (Čížková in sod., 2023). Uspešnost zatiranja trsta je odvisna od časa košnje in števila

zaporednih košenj. Vpliv košnje na trstišča je možno razmeroma enostavno spremljati z meritvami znakov vitalnosti trsta kot so pokrovnost površine s trstom, širina bazalnega premera in višina stebel.

Velik poudarek v raziskavah za zatiranje trsta je predvsem na odkrivanju optimalnega časa za košnjo. Kulik in sod. (2023) so prikazali, da košnja poveča številčnost stebel, ampak se hkrati z večkratno zaporedno letno košnjo višina stebel niža. Višina stebel je indikator vitalnosti navadnega trsta, ki v optimalnih razmerah lahko zraste tudi več kot 4 m (Tóth in Szabó, 2012). Na Cerkniškem jezeru pa ponekod, kjer sestoje kosijo, najdemo tudi zgolj 80 cm visoke poganjke, na najbolj ugodnih rastiščih, kjer že vrsto let niso kosili, pa se višina poganjkov približa 4 m.

Kulik in sod. (2023) navajajo, da sta se višina in nadzemna biomasa (AGB) trsta zaradi junijske košnje v naslednjih letih znatno zmanjšali, medtem ko po košnji v juliju in avgustu niso opazili bistvenih razlik. Pogosta košnja (2–3-krat na sezono) je povečala gostoto poganjkov trsta. Takšni posegi vplivajo tudi na zmanjšanje višine trsta, medtem ko ima enkratna košnja jeseni na to lastnost najmanjši vpliv (Kulik in sod. (2023).

V trstiščih na nizkih barjih v Švici, ki so jih kosili enkrat na tri leta, niso zaznali sprememb v številu, višini in bazalnem premeru poganjkov (Güsewell (2000)). V takšnih ekosistemih košnja zavira proces zaraščanja z lesnatimi vrstami in ohranja vitalna trstišča. Takšen pozitiven učinek košnje na Cerkniškem jezeru lahko vidimo na Gorenjih blatah (Dujicah).

Vsakoletna košnja je po nekaj letih negativno vplivala na število poganjkov in na širino bazalnega premera trsta (Güsewell (2000)), tudi višina poganjkov ter njihova biomasa se je zmanjšala. Takšen režim košnje je najbolj podoben prevladujočemu načinu obdelovanja na Cerkniškem jezeru.

Večkratna košnja v isti rastni sezoni izčrpa zaloge v korenikah, kar zmanjša uspešnost rasti nadzemnih delov v prihodnji rastni sezoni (Güsewell, 2003). Pri visokoraslih zelnatih vrstah v mokriščih zmanjšanje razpoložljivih virov, zaradi prekinitev notranje translokacije, zavira rast trenutno dominantne vrste (Müller in sod., 1992), kot je trst.

Ko trst doseže optimalno razvitost, kar je običajno v juniju ali juliju, se v njem začne premeščanje rezervnih ogljikovih hidratov iz nadzemnih delov v podzemne korenike. Do konca vegetacijske sezone trst premešča rezervne snovi iz nadzemnih delov rastline v podzemne korenike, kar mu omogoča uspešno prezimovanje in hitro rast v naslednji rastni sezoni. Listi pred zimo odpadejo. Rast trsta v času povišanega vodostaja spomladi je močno odvisna od rezervnih snovi v podzemnih korenikah, oziroma od njihove vitalnosti. Vitalnost podzemnih korenik pa je odvisna od količine nakopičenih rezerv v njih, kar je povezano z njihovo starostjo in dogajanjem v predhodnih vegetacijskih sezonah, ki so vplivale na učinkovitost premeščanja rezervnih snovi iz zelenih nadzemnih delov v korenike. Košnja, ki prehití trst pri transportu glavnine rezervnih snovi v korenike, bo zelo verjetno negativno vplivala na vitalnost trsta v naslednji sezoni. Pri trstu je shranjevanje rezervnih ogljikovih hidratov v rizomih ključnega pomena za odganjanje novih poganjkov po tem, ko nadzemna biomasa odmre oziroma izgine. To je pomembno vsako pomlad, pa tudi po katastrofalnih dogodkih, kot so mehanske poškodbe poganjkov, košnja ali uničenje zaradi valov (van der Putten 1997). Če se zaloga ogljikovih hidratov izčrpa, trst v neugodnih okoljskih razmerah verjetno ne bo preživel. Kadar trst ponovno odžene v isti rastni dobi, so ti poganjki običajno premalo visoki, da bi preživel poplavljenost in na ta način trst zgolj izčrpa rezervne snovi, ki bi mu bolj koristile spomladi v naslednji vegetacijski sezoni.

4.3. Vpliv košnje na vitalnot trsta

Ojdanič in sod. (2025a, b, 2023b) so objavili številne relevantne ugotovitve glede vpliva košnje na vitalnost trsta na območju Cerkniškega jezera.

Preglednica 1: Povprečne vrednosti in standardne deviacije morfoloških meritev in meritev produktivnosti pri košenih in nekošenih ploskvah. Prikazane so p-vrednosti primerjalnih testov (Studentov t-test in Wilcoxon test). (iz Ojdanič in sod. (2025b))

Lastnost	Košeni sestoji	Nekošeni sestoji	p - vrednost
Skupna biomasa (g/m ²)	509,1 ± 98,3	822,4 ± 347,8	0,0394
Število rastlin (n)	21,3 ± 6,9	13,6 ± 4,5	0,0223
Višina stebel (cm)	148,9 ± 18,4	216,7 ± 56,2	0,0274
Bazalni premer stebel (mm)	5,1 ± 0,6	6,9 ± 0,7	0,0002

Biomasa trsta ter biomasa stebel se statistično razlikuje med košenimi ploskvami in ploskvami, ki v predhodnem letu niso bile košene (Preglednica 1). Biomase trsta na nekošenih ploskvah so bile višje kot na košenih ploskvah, kar je tudi v skladu z ugotovitvami, ki so jih objavili (Derr, 2008; Fogli in sod., 2014; Güsewell, 2000). Na Cerkniškem jezeru je košnja na koncu vegetacijske sezone negativno vplivala na produktivnost trsta v naslednjem letu (Ojdanič in sod., 2025b). Povprečno število rastlin navadnega trsta na košenih ploskvah je bilo 21, na nekošenih ploskvah pa le 13,4 (Preglednica 1). večje število rastlin trsta je lahko rezultat zmanjšane količine odmrlih stebel, ki zastirajo tla, kar posledično olajša kalitev semen trsta (Cui in sod., 2022). Čeprav je bilo na nekošenih ploskvah manj rastlin trsta, so bile te v povprečju za 67,8 cm višje od rastlin na košenih ploskvah (Preglednica 1), kar je v skladu s (Kulik in sod., 2023). Bazalni premer stebel trsta, ki ni bil košen, je bil debelejši, 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). Visoka variabilnost lastnosti navadnega trsta na ploskvah, ki predhodno niso bile košene, je lahko zaradi razlik v ekotipih trsta ter njegove prilagojenosti na razmere v različnih habitatih (Hanganu in sod., 1999). V tem primeru je glavni dejavnik nihanje vodostaja, ki se med posameznimi jezerskimi ploskvami razlikuje zaradi razlik v mikroreliefnih značilnosti. Na večjo variabilnost znotraj nekošenih ploskev verjetno vpliva tudi različna starost trsta nekošenih ploskev (različno število let od zadnje košnje).

Rezultati meritev morfoloških značilnosti, ki so jih objavili Ojdanič in sod. (2025b) kažejo (Preglednica 1), da košnja pozno v rastni sezoni negativno vpliva na vitalnost jezerskih sestojev trsta na Cerkniškem jezeru in posledično na njihovo produktivnost. Pri tem je najbolj izstopala višina trsta, kjer 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 3).

Če je bil trst pokošen junija (zgodnja košnja), je prišlo do večjega zmanjšanja podzemne biomase in rezervnih ogljikovih hidratov v rizomih v primerjavi z rastlinami, pokošenimi julija (Karunaratne in sod., 2004; Asaeda in sod., 2006). Tudi košnja v juliju povzroči zmanjšanje višine trstičja. Pri košnji v septembru so rastline že lignificirane, ogljikovi hidrati pa so shranjeni tako da vpliv ni škodljiv (Haslam 1972).

Razlike med košenimi in nekošenimi sestoji so očitne tudi **v diverziteti** ostalih rastlinskih vrst. V skupini košenih ploskev so Ojdanič in sod. (2025b) v povprečju zabeležili 9 vrst, v skupini nekošenih pa le 6 vrst (Preglednica 2). V obeh skupinah ploskev smo največ vrst zabeležili na prvi ploskvi, ki se nahajata na istem območju (Slika 2) v bližini vodnega zadrževalnika. Najmanj vrst smo zabeležili znotraj nekošenih ploskev 2 in 3, ki se nahajajo na območju Trščenk, v bližini večje depresije, v kateri zastaja voda. Te ploskve navadno niso košene tudi v ekstremno sušnih letih, saj so težko dostopne za traktorje.

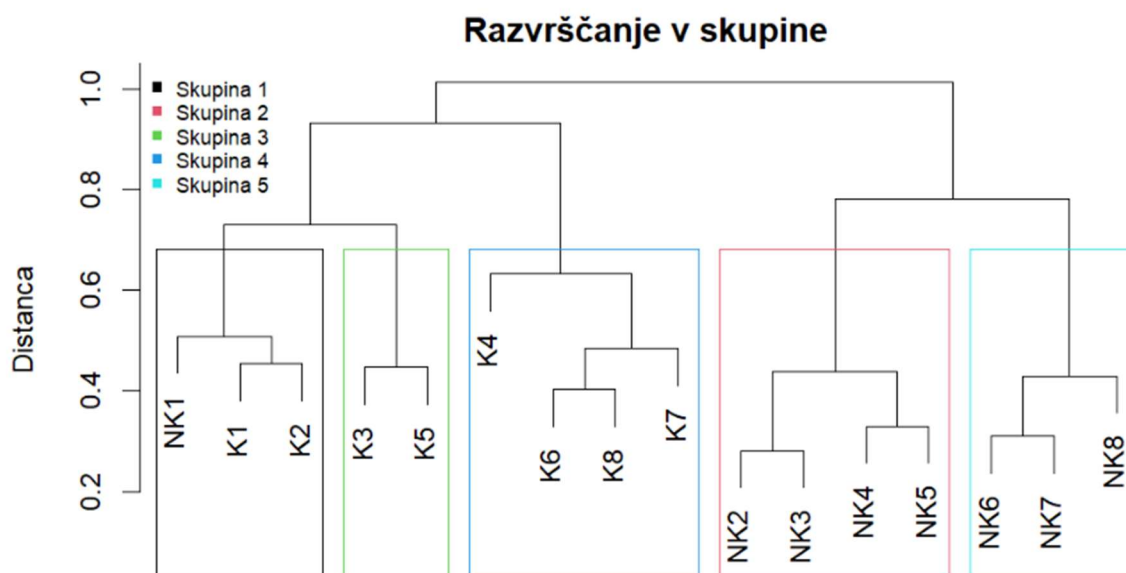
Diverziteta vrst je bila na košenih ploskvah višja kot na nekošenih (Preglednica 2). Najvišja vrstna diverziteta nekošenih ploskev je bila na prvi ploskvi, ki je bolj podobna vsem košenim ploskvam. Predvidevamo, da je bila ta ploskev nekošena šele drugo rastno sezono. Število vrst ter njihova številčnost sta dobra pokazatelja vitalnosti trstičšč. Zaradi hitre rasti, visokih nadzemnih in globokih podzemnih delov, kompeticijsko izključuje ostale rastlinske vrste (Ailstock in sod., 2001). Tako so

vitalna, oziroma klimaksna trstišča z vidika rastlinskih vrst manj pestra, saj v njih trst izrazito prevladuje (Burdick in Konisky, 2003). Čeprav je trst izjemno kompetitivna vrsta, prilagojena na različne stresne dejavnike, pa je **slabše prilagojen** na dejavnike, ki povzročajo **mehanske poškodbe**. Tako je zaradi košnje vitalnost in kompeticijska sposobnost trsta oslABLJENA in do kompeticijskega izključevanja ne prihaja, kar se kaže v višji vrstni pestrosti znotraj košenih ploskev.

Preglednica 2: Povprečne vrednosti in standardne deviacije morfoloških meritev in meritev produktivnosti pri košenih in nekošenih ploskvah. Prikazane so p-vrednosti primerjalnih testov (Studentov t-test in Wilcoxon test). (iz Ojdanič in sod., 2025b)

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

Primerjava vrstne sestave, ki so jo objavili Ojdanič in sod. (2025b) razvrsti popise v dve skupini, košene in nekošene (Slika 15). Jasna ločitev kaže na to, da košnja izrazito vpliva na vrstno sestavo vegetacije trstišč. Sprememba habitatne strukture neposredno vpliva na vrstno sestavo vegetacije (Kitazawa in Ohsawa, 2002). Znotraj skupine košenih ploskev so razvidne tri skupine, pri čemer se je skupina 1 prostorsko ločila od skupin 3 in 4 (Slika 1). V prvi skupini je bila prisotna tudi nekošena ploskev 1, kar dodatno nakazuje na to, da se je na tem mestu košnjo opustili šele leto pred popisom in vegetacijska struktura še ni stabilna. V skupini nekošenih ploskev lahko vidimo dve skupini, ki sta prav tako prostorsko ločeni. Skupina 5 vključuje tri ploskve, ki se nahajajo v paleostrugi Lipsenjščice, medtem ko skupina 2 vključuje 4 ploskve, ki se nahajajo na območju Trščenk (Slika 1). Razlike v vrstni sestavi nekošenih ploskev so posledica različnih mikrolokacij in starosti trstišč. Vrstna struktura trstišča je tesno povezana s starostjo trstišča. Način upravljanja, ki zagotavlja visoko heterogenost z vidika starosti trstišč, zagotavlja najvišjo vrstno pestrost tako rastlinskih kot živalskih vrst (Andersen in sod., 2020).



Slika 15: Dendrogram vrstne pestrosti košenih (K) in nekošenih (NK) ploskev trstišč (Wardova metoda povezovanja, z Bray-Curtisovim indeksom podobnosti). (iz Ojdanič in sod., 2025b)

Pomembna je tudi raznolikost v obdelovanju zemljišč, tako glede načina kot tudi časa izvajanja ukrepov, kar povečuje diverzitetu in privablja nove vrste.

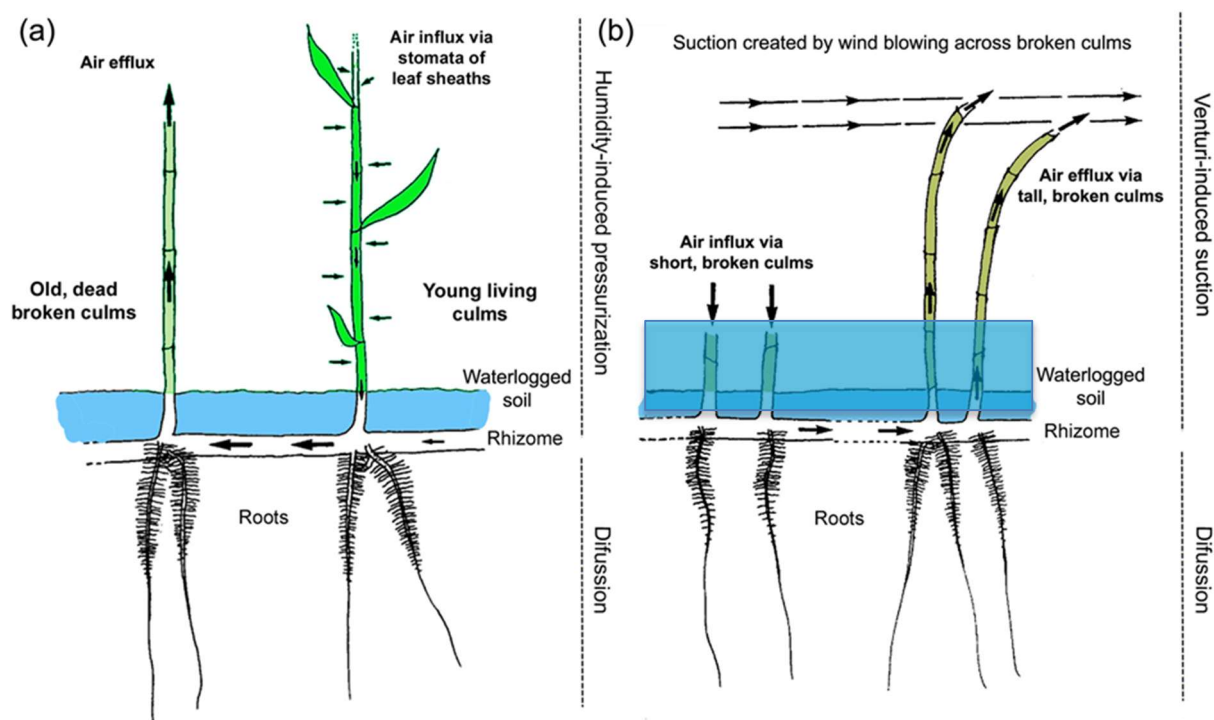
4.4. Medsebojni vpliv košnje in visoke vode

Če želimo razumeti vpliv košnje na trst in drugo vegetacijo na presihajočem Cerkniskem jezeru, moramo upoštevati tudi vpliv nihanja vodne gladine, zlasti vpliv povišanega vodostaja v času po košnji in v začetku rastne sezone.

Košnja v poznem poletju, ki ji sledi visoka voda, pa na Cerkniskem jezeru onemogoči dovajanje kisika v rizome zaradi porezanih stebel, ki jih ob dvigu vodostaja zalije voda (Slika 1). Vdor vode v prezračevalni sistem lahko povzroči propad, oziroma vsaj poškodbe velikega dela podzemnih korenin, kar zelo negativno vpliva na trst. Vsakoletna košnja ob koncu rastne sezone, ki ji sledijo poplave, ki vztrajajo tudi v času začetne rasti, ima izjemno negativen vpliv na vitalnost trsta in povzroča krčenje trstišč (Rolletschek, 2000).

Odmiranje je bilo opazno na območjih, kjer je bil trst pokošen s težko mehanizacijo, živih je bilo le 30 % vseh rizomov, medtem ko je bilo v bujnih sestoju živih 50–60 % rizomov (Dinka in Szeglet, 1998). Težki stroji na mehkih tleh so pri košnji poškodovali številne rizome, zlasti tiste v zgornjem delu tal, v katere je potem zlahka vdrla voda.

Zaradi interesa za zatiranje invazivnega tipa evropske variante trsta v ZDA ena od strategij upravljanja vključuje rezanje stebel trsta pod vodno gladino, s čimer se ustavi izmenjava plinov z ozračjem in se podzemna tkiva dejansko utopijo (v nadaljevanju: metoda »rezanje za utopitev«). (Widin in sod., 2023). Vzrok za odmiranje trsta so anoksične razmere, ki nastopijo po tem. Na osnovi terenskih opazovanj so (Widin in sod., 2023) ugotovili, da je učinkovitost te metode zelo odvisna od tipa substrata.



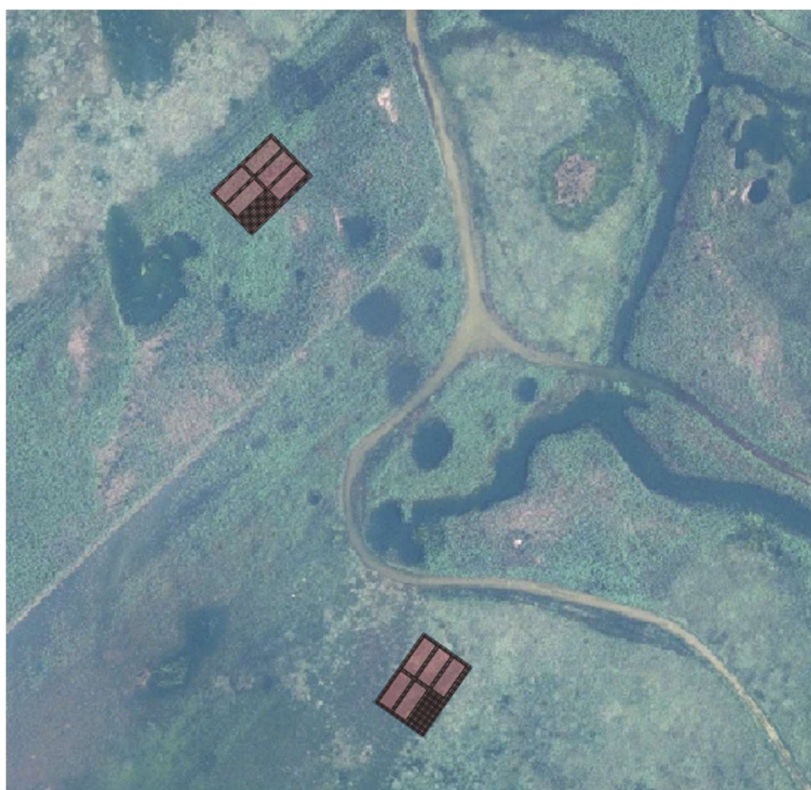
Slika 16: Iz Striker (2023), prilagojeno po Armstrong in sod. (1996). Lignificirana stebela ob nizkem vodostaju lahko dovajajo zrak v korenike. Če košnji sledi visoka voda, ta mehanizem odpove, v porezana stebela vdre voda, zaradi česar del rizomov odmre.

Rezanje stebel v kombinaciji s potopitvijo/visoko vodo kadar koli v rastni sezoni, zmanjša rast podzemnih delov, zaloge ogljikovih hidratov in vitalnost trsta, kar je drugače kot če poplavljenosti po košnji ni. Kljub negativnemu vplivu košnje in poplavljenosti pa je malo verjetno, da bi rizomi povsem izgubili sposobnost preživetja po eni sezoni zatiranja s to metodo v razvitem sestoju navadnega trsta,

ki vsebuje veliko količino podzemne biomase in zalog rezervnih ogljikovih hidratov, potrebnih za ponovno rast (Widin in sod., (2023).

Pri trstu, ki raste v delno potopljenih razmerah, so se z naraščanjem globine vode zmanjšali podzemna biomasa in vsebnost rezervnih ogljikovih hidratov, medtem ko lahko dolgotrajna poplavljenost rastišč poveča razmerje med podzemnimi deli in poganjki, kar kaže na razmeroma večjo razporeditev virov v podzemne zaloge (Mauchamp in sod., 2001).

Biomasa kontrolnih ploskev trstičja na Strženu, je bila v letu 2025 višja kot na Trščenkah, višja pa je bila tudi nadmorska višina ploskve na Strženu (26 cm višja lega SK5 kot TK5), kar je očitna razlika z letom 2024, ko je bila biomasa trsta na Trščenkah občutno višja, kot na Strženu (Zelnik in sod., 2026). Na poligonu Ključki je bilo trsta številčno gledano najmanj, vendar pa nekateri produkcijski parametri (povprečna višina rastlin, bazalni premer in tudi povprečno število listov) kažejo na njegovo zelo dobro vitalnost. Morda je k temu prispevala nekoliko višja lega ploskev (v povprečju 50 cm), kot je lega ploskev na eksperimentalnem poligonu (EP) Stržen in EP Trščenske, kar pomeni tudi manjšo zalitost (kasnejši nastop visoke vode, krajši čas, plitvejša voda) teh sestojev.



Slika 17: Eksperimentalni poligon (EP) Trščenske, je umeščen v obsežen sestoj vitalnega trstičja (VT; PA1), (pravokotnik zgoraj); pokrovnost trsta je na teh ploskvah > 95%. EP Stržen je umeščen v bolj heterogen sestoj, v katerem prevladuje manj vitalno trstičje (MVT; PA2) (pravokotnik spodaj); pokrovnost trsta na teh ploskvah je 75-95 %, vendar je na nekaterih pokrovnost manjša.



Slika 18: Ojezeritev, oziroma visoka voda po deževju je že 13. 9. 2024 preplavila vse preučevane ploskve (18. dan po košnji pod vodo).

25_T4



25_T2



25_T5



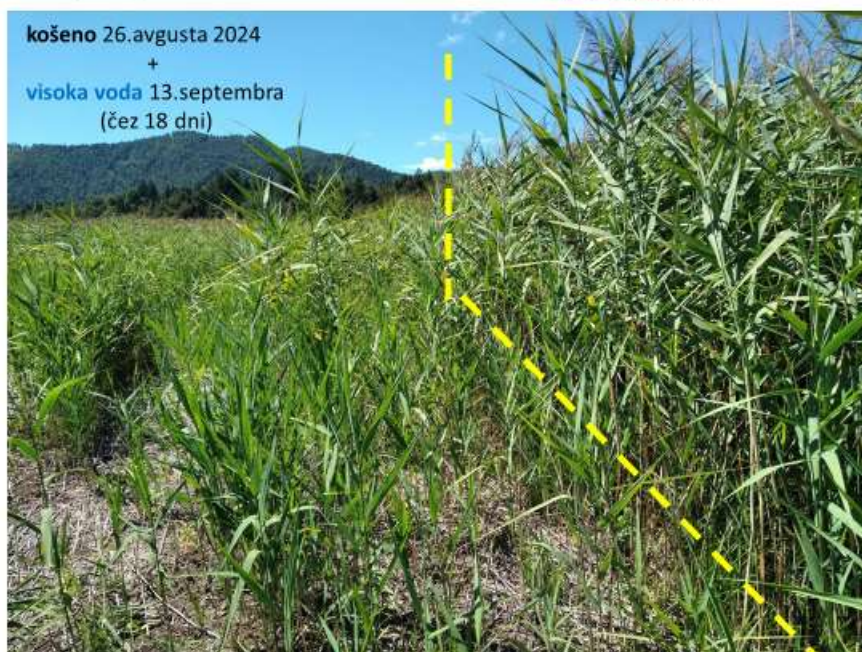
25_T3



25_T1



Slika 19: Posledice ojezeritve in poplavljenosti vseh preučevanih ploskev na EP Trščenke 18.dan po košnji.

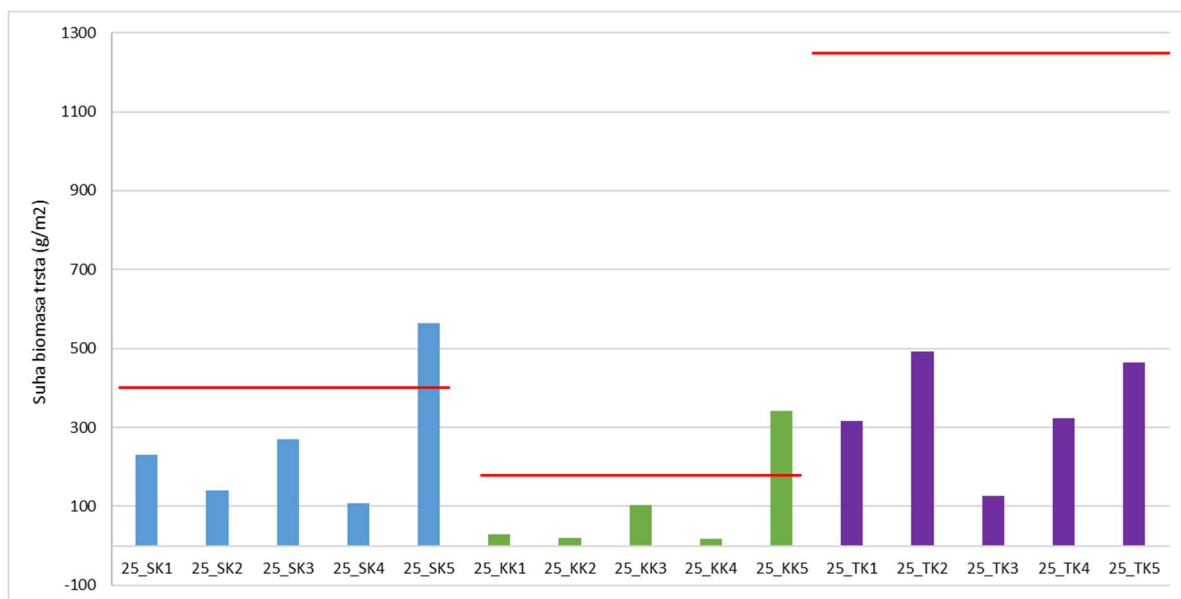


Slika 20: Posledice ojezeritve in poplavljenosti vseh preučevanih ploskev na EP Trščenke 18. dan po košnji.

Biomasa nadzemnih delov vseh rastlin je bila v letu 2025 večja na poligonu Stržen kot na poligonu Trščenke.

Na poligonu Trščenke na kontrolni ploskvi K5 v letu 2025 je prišlo do velikega zmanjšanje vitalnosti trsta glede na leto 2024, saj se je zelo zmanjšala suha masa nadzemnih delov trsta, povprečna višina trsta in bazalni premer stebel (Zelnik in sod., 2026). Takšno zmanjšanje v vitalnosti trsta na kontrolni ploskvi smo opazili samo na poligonu Trščenke, medtem ko je na poligonih Stržen in Ključki vitalnost trsta na kontrolni ploskvi ostala približno enaka. Razlog za tako očitno zmanjšanje vitalnosti trsta na poligonu Trščenke bi lahko bil v tem, da so bile ploskve v letu 2024 **zelo kmalu po košnji zalite z vodo**, voda pa se ni umaknila več mesecev. Ploskev K5 je zaradi neravnega terena ravno na najnižji nadmorski višini (547.58 m) v tem poligonu. V takšnih razmerah stebela trsta, ki ni bil pokošen, sicer omogočajo pretok zraka in dovod kisika v podzemne dele in rizosfero trsta in zagotavljajo prezračevnost, medtem ko skozi porezana stebela voda vdre v votla stebela in korenike, kar povzroča anoksične razmere in odmiranje podzemne biomase trsta (Ojdanič in sod., 2023a, b; Rolletschek in sod., 2000). Ker v gostih sestoju trsta najdemo klonalno razrast, kjer lahko ista rastlina požene cel preplet podzemnih korenin, iz katerih izraščajo nadzemni poganjki, vdor vode v porezana stebela prizadene vitalnost tudi na bližnjih nekošenih delih sestoja.

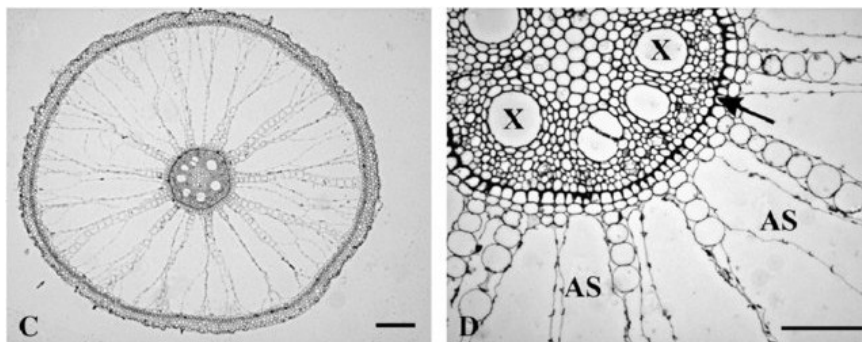
Na pokošenih ploskvah na poligonih Stržen in Trščenke, se je v letu 2025 precej povečalo število rastlin na m² v primerjavi s podatki iz leta 2024. Povečano število poganjkov, bi lahko bila posledica t.i. kompenzacijske rasti, ki lahko sledi obdobju po izraziti motnji. Ker pri košnji odstranimo dominantni poganjek, pri rastlini ni več apikalne dominance in iz številnih spečih brstov na podzemnih koreninah takrat poženejo novi poganjki (Armstrong in sod., 1996). Negativni vpliv zalitosti pokošenih ploskev na vitalnost trsta se jasno odraža v nižjih biomasah trsta na nižje ležečih ploskvah. Na Sliki 3 vidimo najnižjo biomaso trsta na ploskvi TK3, ki se od pokošenih ploskev nahaja najnižje (547,71 m), medtem ko je biomasa na najvišje ležeči ploskvi TK2 (548,09 m) približno 4x večja. Ploskev TK1 je tako po biomasu trsta, kot po nadmorski višini ploskve (548,01 m) nekje vmes. Približno 38 cm nižja lega ploskve je vplivala na izrazitejši učinek »utopitve zaradi porezanih stebel« (Widin in sod., 2023), kjer gre za vdor vode v porezana stebela in posledičen propad dela podzemnih korenin.



Slika 21: Skupna biomasa nadzemnih delov trsta na ploskvah eksperimentalnih poligonov poligonov (rdeča črta - povprečna suha biomasa nadzemnih delov trsta v letu 2024).

Tudi na poligonih Stržen in Ključki se je pokazal negativen vpliv košnje na trst, saj so imele ploskve, ki so bile v letu 2024 košene, nižjo biomaso nadzemnih delov trsta, rastline trsta so bile v povprečju nižje in so imele manj listov ter manjše bazalne premere stebel.

Sestoji trsta, ki so več zaporednih sezon izpostavljeni visoki vodi, lahko spremenijo svoje vzorce rasti in povečajo odpornost proti košnji pod vodno gladino (Widin in sod., 2023). Trst lahko v eni sami sezoni v visoki vodi razvije adventivne korenine za boljši privzem kisika, v daljšem obdobju pa lahko tvori rizome s krajšimi razmiki med kolenci, kar skrajša poti prenosa kisika (Weisner in Strand, 1996). Poleg tega so pri trstu v visoki vodi opazili dodatno izboljšanje učinkovitosti prenosa kisika, zaradi večjega deleža aerenhima v koreninah (Slika 15) (Tshapa in sod., 2021).



Slika 22: Skupna biomasa nadzemnih delov trsta na ploskvah eksperimentalnih poligonov poligonov (rdeča črta - povprečna suha biomasa nadzemnih delov trsta v letu 2024).

Rast trsta je močno zmanjšana, če raste v lastni odmrli biomas **/lastnem opadu** (Van der Putten, 1997). Vzrok za slabo rast ni pomanjkanje hranil ali znižan redoks potencial (Van der Putten, 1997). Ker razgradnja trsta vodi do nastanka visokih koncentracij fitotoksinov, kot so očetna, maslena in propionska kislina, so te spojine lahko povezane s slabo rastjo trsta na mestih, kjer se kopiči odpadli rastlinski material (Armstrong in sod., 1996). Ta se na Cerkniškem jezeru pojavlja zelo neenakomerno, ker po košnji nekateri lastniki pokošenega materiala ne pospravijo, ob ojezeritvi pa material visoka voda premešča, zaradi vetra in tokov pa ponekod naplavi debele nanose opada. Kopičenje opada pomeni, da so rastline skozi celotno rastno sezono izpostavljene škodljivim učinkom produktov fermentacije. Razgradnja velike količine odmrle biomase je ključni dejavnik pri sindromu odmiranja trsta.

Ob veliki količini opada ta tudi deluje kot zastirka in otežuje rast novih poganjkov iz tal. Debel sloj opada zavira tudi rast drugih rastlin, saj je tam kalitev kot tudi prodiranje poganjkov skozi opad neuspešno. Zaviralni učinek odmrle rastlinske biomase (opada) na rast in kalitev rastlin je bil najverjetneje vzrok za zmanjšanje vrstne pestrosti in številčnosti večine vrst na nepokošenih ploskvah (Gusewell in sod., 1998).

Če pa je opada malo in je zaradi visokih temperatur in nihanja vodne gladine njegova razgradnja pospešena, to celo poveča trofičnost rastišča in produktivnost trstičja.

5. Biodiverziteta in košnja močvirske vegetacije

Košnja močno vpliva na vrstno sestavo vegetacije, saj zmanjšuje produktivnost vegetacije in kompeticijo za svetlobo (Grime in sod., 2001), s tem omogoča uspevanje tudi kompeticijsko šibkejšim vrstam (Kotowski & Van Diggelen, 2004; Gerard in sod., 2008). Sestoji, ki so enkrat letno košeni, so vsebovali višje število nizkoraslih vrst rastlin kot nekošeni, kjer izraziteje prevladajo visokorasle vrste (Gerard in sod., 2008). Košnja pomeni zmerno močno motnjo in stres zaradi posrednega odvzema hranil iz sistema. Košnja odstrani razmeroma veliko več nadzemne biomase visokoraslih rastlin (Grime in sod., 2001), in s tem zavira njihovo prevlado, spodbuja pojavljanje vrst motenih rastišč (ruderalnih) (Moog in sod., 2005), plazečih vrst, rozetastih vrst in nizkoraslih trav. Košnja omogoča koeksistenco vrst z različnimi strategijami in tako povečuje vrstno pestrost (Gerard in sod., 2008). Nasproten učinek pa ima opuščanje košnje, oziroma zmanjševanje njene pogostosti. Košnja preprečuje prevlado visokoraslih vrst kot je trst, vendar jih ne uniči povsem. To ugodno vpliva na soobstoj vrst z različnimi strategijami in na veliko vrstno pestrost (Rosenthal, 2010).

Raziskave kažejo, da je bila vrstna pestrost znatno večja v nedavno pokošenih trstičjih (0 in 3 leta po žetvi) v primerjavi s 25 let starimi sestoji. Košnja s pravilom je spodbudila pomlajevanje trstičja in povečala rast novih poganjkov. Trstičje staro 3 leta, je imelo strukturo habitata, ki je bila po lastnostih podobna tako tisti v sveže košenih trstičjih (npr. podobna gostota zelenih poganjkov) kot tisti v 25 let starih trstičjih (npr. podobna višina) (Andersen in sod., 2020). Na mestih, kjer so biomaso pustili, se je vegetacija spremenila v rastlinsko združbo, prilagojeno na slabše svetlobne razmere.

Kljub temu, da trst zavira rast ostalih rastlinskih vrst, trstišča višajo biotsko pestrost, saj predstavljajo habitat številnim insektom, dvoživkam in pticam. Na velikem območju sestoji trsta predstavljajo edino sklenjeno vegetacijo, ki je višja od 2 m in tako predstavlja vizualno bariero, skrivališče pred plenilci, v času poplavljenosti pa tudi edine otočke, oziroma mikrohabitate, ki segajo nad gladino vode (Kmecl in sod., 2022), kar je zelo pomembno za obstoj populacij ptic, ki so specialisti habitata trstišč (mali ponirek, liska, srpična trstnica, rakar in mokož). Poleg ptic trstičja ob poplavah kot pribežališča uporabljajo tudi številni nevretenčarji. Na Cerkniškem jezeru je takšna vloga posebej opazna pri pajkih. Zaradi teh razlogov je pomembno razumeti kako košnja v kombinaciji z nihanjem vodostaja, vpliva na trstišča.

Košnja trstišč tako nima le neposrednega vpliva na navadni trst, ampak posredno vpliva na diverziteto ostalih organizmov, predvsem na specialiste, ki so prilagojeni na trstišča. Antoniazza in sod. (2018) so spremljali **populacije ptic trstišč** glede na način upravljanja s trstišči, ki so jih kosili izmenično, da so ohranili čim večjo heterogenost z vidika starosti trstišč, saj so opazili, da se ptice izogibajo trstišč, ki so bila v predhodni sezoni košena. 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 mozaičnosti načina obdelovanja, oziroma rotacijskega načina košnje niso zaznali upada v številčnosti opazovanih vrst ptic. Haslam (1972) priporoča košnjo trstišč na vsaka 4 leta.

Za ohranitev čim večjega števila rastlinskih in živalskih vrst in največje raznolikosti v strukturi habitatov bi morali sestoji trstičja vključevati mozaik zaplat različne starosti in načinov upravljanja. Večinoma ni znano, katera starost trstičja zagotavlja ugodno okolje za specifične rastlinske in živalske vrste, ki v njem prebivajo (Andersen in sod., 2020).

Na povečanje vrstne pestrosti zaradi košnje in odstranjevanja biomase vpliva tudi nastajanje vrzeli, ki služijo kot niše za regeneracijo in naselitev novih vrst (Kotorova & Lepš, 1999). Ustvarjanje takšnih vrzeli, ki so manj zasenčene, so primerna rastišča za rast in razvoj sejancev. Košnjo pogosto uporabljajo kot mehanizem za preprečevanje upada vrstne pestrosti v različnih mokriščnih združbah (Kołos & Banaszuk, 2013).

Košnja je eden od najpomembnejših ukrepov za ohranjanje določenih mokrišč (Middleton in sod., 2006), oz. tipov vegetacije, vendar je učinek odvisen od mnogih dejavnikov, od katerih sta ključna čas in pogostost košnje (Milberg in sod., 2017).

Košnja v kombinaciji s teptanjem, ki ga povzroča mehanizacija, odkriva tla, ki so zasenčena in zastrta z odmrlo biomaso, kar prispeva k nastanku številnih novih vrzeli. Te vrzeli so pomembni mikrohabitati, ki prispevajo k večanju vrstne pestrosti (Poschlod in Biewer 2005).

Po drugi strani pa uporaba **težke mehanizacije** pri košnji pogosto negativno vpliva na mikorelief mokrišč in s tem tudi na floristično pestrost (Banaszuk in sod., 2016). Tovrstno teptanje tal poškoduje plitvo razrasle rizome. Zmanjšanje mikrotopografskih gradientov je vzrok za upad redkih rastlinskih vrst, ki so večinoma nizke rasti in naseljujejo nekoliko bolj suhe mikrohabitatske na vrhu kopušč šašev. Pričakujemo, da lahko pogosta uporaba **težkih strojev** znatno spremeni vegetacijo, zato se ji je na območjih z visoko biotsko raznovrstnostjo treba izogibati (Kotowski in sod., 2013).

Največji vpliv na vrstno sestavo zveze *Magnocaricion* ima košnja. Ta vegetacija se kosi enkrat ali dvakrat, redkeje trikrat letno. Košeni sestoji vsebujejo številne vrste mokrotnih travnikov (iz reda Molinietales). Število vrst na popisni ploskvi se s košnjo povečuje (Stančić, 2010).

Če se na rastišču nabirajo velike količine odmrle rastlinske biomase, trstičje sčasoma postane bolj suho ter se z naravno sukcesijo postopoma preoblikuje v druge tipe vegetacije. To sukcesijo je mogoče ustaviti ali obrniti s spremembo upravljanja trstičja, kot je košnja s spravilom, s čimer se upočasnijo hitrost kopičenja odmrle biomase (Cowie in sod., 1992).

Opustitev košnje odpravi omejitve prejšnjega režima košnje, kar gre v prid vrstam trstič, ki izkoriščajo svoje konkurenčne prednosti, kot so velika višina, kopičenje biomase v bolj osvetljenih delih rastlin ter hitro vegetativno širjenje.

Podzemni rizomi so ključna lastnost, ki na opuščeni površini zagotavlja konkurenčno prednost, saj združujejo več koristnih funkcij, npr. prerazporeditev in shranjevanje hranil v trajnih organih, klonalno povezanost (Březina in sod., 2006), prodiranje skozi odmrlo rastlinsko maso in hitro rast proti površini ter vegetativno razmnoževanje in varno ukoreninjanje vegetativnih poganjkov. Notranja prerazporeditev hranil med nadzemnimi poganjki in rizomi omogoča postopno kopičenje velike količine biomase tudi ob zmanjšani mineralizaciji dušika v tleh na opuščeni površini (glej zgoraj), kar zmanjšuje odvisnost od hranil iz tal (Muller in sod., 1992).

Drevesne vrste, kot je *Alnus glutinosa*, se niso uveljavile, kljub uspešnemu kaljenju semen. Dolgotrajno vztrajanje zelatih sukcesijskih stadijev na potencialnih rastiščih močvirnih gozdov (zveze Alnion) so ugotovili tudi v drugih dolgoročnih študijah sukcesije, v katerih so se opuščeni mokrotni travniki več desetletij uspešno upirali zaraščanju z drevjem (Muller in sod., 1992).

Terenski poskusi so pomembno orodje za ocenjevanje možnosti izvedbe posameznih ukrepov, oziroma sprememb načinov gospodarjenja in sprejemanje pravih odločitev (Gusewell in sod., 1998). Kratkoročni trendi, ugotovljeni v tovrstnih raziskavah, vsaj nakazujejo dolgoročneje učinke določenih

ukrepov. Vendar to iz več razlogov ne drži vedno. Kratkoročne učinke obravnave lahko zameglijo prostorsko-časovna nihanja, zlasti če raziskave potekajo na majhnih ploskvah in/ali z nezadostnim številom ponovitev (Gusewell in sod., 1998). Kratkoročni učinki morda ne odražajo dolgoročnih učinkov, saj se slednji pokažejo šele po določenem času (Pickett, 1991), poleg tega pa spremembi načina gospodarjenja lahko sledi obdobje »prehodne dinamike« (Tilman, 1987).

6. Učinek košnje v odvisnosti od hidroloških razmer pri vegetaciji visokih šašev

Za doseganje zelenih rezultatov pri obnovi mokriščnih habitatov, oziroma določene vrstne sestave in diverzitete vegetacije, ali izboljšanja stanja, je nujno razumevanje pomembnosti medsebojnih vplivov hidroloških razmer in košnje (Härdtle in sod., 2006; Gerard in sod., 2008; Kołos in Banaszuk, 2013).

Na območjih, kjer se v rastni sezoni poplave pojavljajo redko in trajajo razmeroma kratek čas, je vpliv hidrološkega režima manj odločilen za vrstno sestavo vegetacije kot košnja (van Eck in sod., 2006), kjer pa obdobja poplavljanja trajajo več kot 100 dni v rastni sezoni, je situacija ravno obratna (Wassen in sod., 2006). Odziv vegetacije na košnjo je tako odvisen od hidroloških razmer (Kołos in Banaszuk, 2013).

Košnja visokega šašja na obrečnih tleh, ki so vsakoletno poplavljena, je povečala njihovo vrstno pestrost, vendar se je število vrst po 10x košnji v bolj odcednem delu mokrišča povečalo le za 4–6 taksonov (17 v primerjavi z 11–13 vrstami), te ploskve pa niso kazale bistvenih razlik z nekošenimi. Na bolj močvirnem območju v zaledju poplavne ravnice je košnja bistveno povečala vrstno pestrost (21 v primerjavi z 13 vrstami) (Kołos in Banaszuk, 2013).

Nasprotno pa je na območju, kjer se poplavljanje konča že v začetku maja, košnja spodbudila bujno vegetativno širjenje šašev (Kołos in Banaszuk 2021), ki so ustvarili gosto in monotono preprogo, v kateri je malo drugih vrst (Kołos in Banaszuk, 2013). Upad števila vrst v tovrstnih šašjih je bil povezan z visokimi steblikami (*Lysimachia vulgaris*, *Lythrum salicaria*, *Senecio paludosus*), ki ne prenašajo poletne košnje (Valkó in sod., 2012; Kołos in Banaszuk 2021.). Tudi letna košnja sredi poletja oziroma avgusta visokih šašev ne uniči (Kołos in Banaszuk, 2013).

Košnja je povečala floristično pestrost predvsem v šašjih, ki so uspevala na bolj namočenih območjih. Letna košnja z odstranjevanjem biomase je spodbujala rast nizkoraslih vrst. Povečanje vrstne pestrosti te vegetacije, do katere je prišlo v razmeroma sušnih letih, se je po dolgotrajnih poplavah izničilo. V četrtem in šestem letu poskusa so zaradi dolgotrajnih poplav številne vrste začasno izginile s poskusnih kot s kontrolnih ploskev. Ta hidrološka »ponastavitev« je ekosisteme vrnila v stanje, za katerega je značilna močna prevlada šašev, z majhnim deležem drugih vrst (Kołos in Banaszuk, 2013).

Upravljanje mokrišč mora spremljati ustrezne hidrološke razmere (Kołos in Banaszuk 2013), med katerimi so velikega pomena dolgotrajne spomladanske ali poletne poplave (Rolletschek in sod., 2000).

Dolgotrajna poplavljenost ali razmočenost tal spodbuja **nastanek kopusč** pri visokih šaših. Vrsti *Carex elata* in *C. acuta* tvorita **kopusče**, visoke do 40 cm. Ker je območje spomladi več tednov poplavljenost in so zato depresije negostoljubne za uspevanje sejancev, se kolonizacija po nastanku vrzeli pogosto začne na kopusčah. Te »mikro-otoke« običajno naseljujejo vrste, ki so odvisne od šopov, dvignjenih nad poplavljenost površino tal (Peach in Zedler 2006). Že prej omenjena uporaba težke mehanizacije pri košnji negativno vpliva na mikrorelief mokrišč in s tem tudi na floristično pestrost (Banaszuk in sod., 2016).

Vsakoletna košnja sestojev, v katerih prevladujejo šaši, je odveč, saj zadostuje na vsakih 4 do 5 let v začetku avgusta, ko večina rastlinskih vrst zaključi cvetenje in imajo semena možnost kalitve na izpostavljenih mestih. Takšen režim košnje je koristen tudi za varstvo ptic (Antoniazza in sod., 2018).

Vrednost RLI (relativna osvetljenost pri tleh) se v združbah visokih šašev spreminja glede na produktivnost: v najbolj produktivnih variantah združb *Caricetum elatae* in *Caricetum acutae* do tal prodre 7 % oziroma 3 % svetlobe, medtem ko je v manj produktivnih združbah ta delež 20 – 50 (Kotowski in van Diggelen, 2004). Pri združbi *Caricetum acutae* ima RLI bimodalno porazdelitev, kar odraža pojavljanje te združbe na rastiščih z zelo različno produktivnostjo. Porazdelitev vrednosti RLI pri tleh potrjuje razlike med dvema subasociacijama združbe *Caricetum elatae*. Za vse tovrstne združbe je značilno, da je **pri vegetaciji z visokimi šopi** (*Caricetum acutae* in *C. elatae*) **presvetlitev slabša**, saj so izmerili nižje vrednosti, pri združbah z manjšimi in bolj odprtimi šopi pa je presvetlitev večja (Kotowski in van Diggelen, 2004).

Največji vpliv na vrstno sestavo zveze *Magnocaricion* ima košnja. Ta vegetacija se kosi enkrat ali dvakrat, redkeje trikrat letno. Košeni sestoji vsebujejo številne vrste mokrotnih travnikov (iz reda *Molinietalia*). Število vrst na popisni ploskvi se s košnjo povečuje (Stančič, 2010).

Opustitev košnje pogosto omogoči obsežno širjenje nekaj hitro rastočih in visokih vrst, kot sta trst ali pisana čužka, ki običajno prevladajo nad drugimi vrstami (Keddy, 2010). *Phalaris arundinacea* se najhitreje odzove na to (Rosenthal, 2010), njena niša so tudi rastišča, kjer je prišlo do motenj. Čužka, ki sicer ne more uspevati v tako globoki vodi kot trst, lahko v sušnih letih izkoristi prednost pred trstom, saj se hitreje razrašča, pa tudi košnja, kot motnja, je ne prizadene toliko kot trst, saj hitro znova odžene in takrat preraste obsežne površine preden bi se lahko tam razrastel trst.

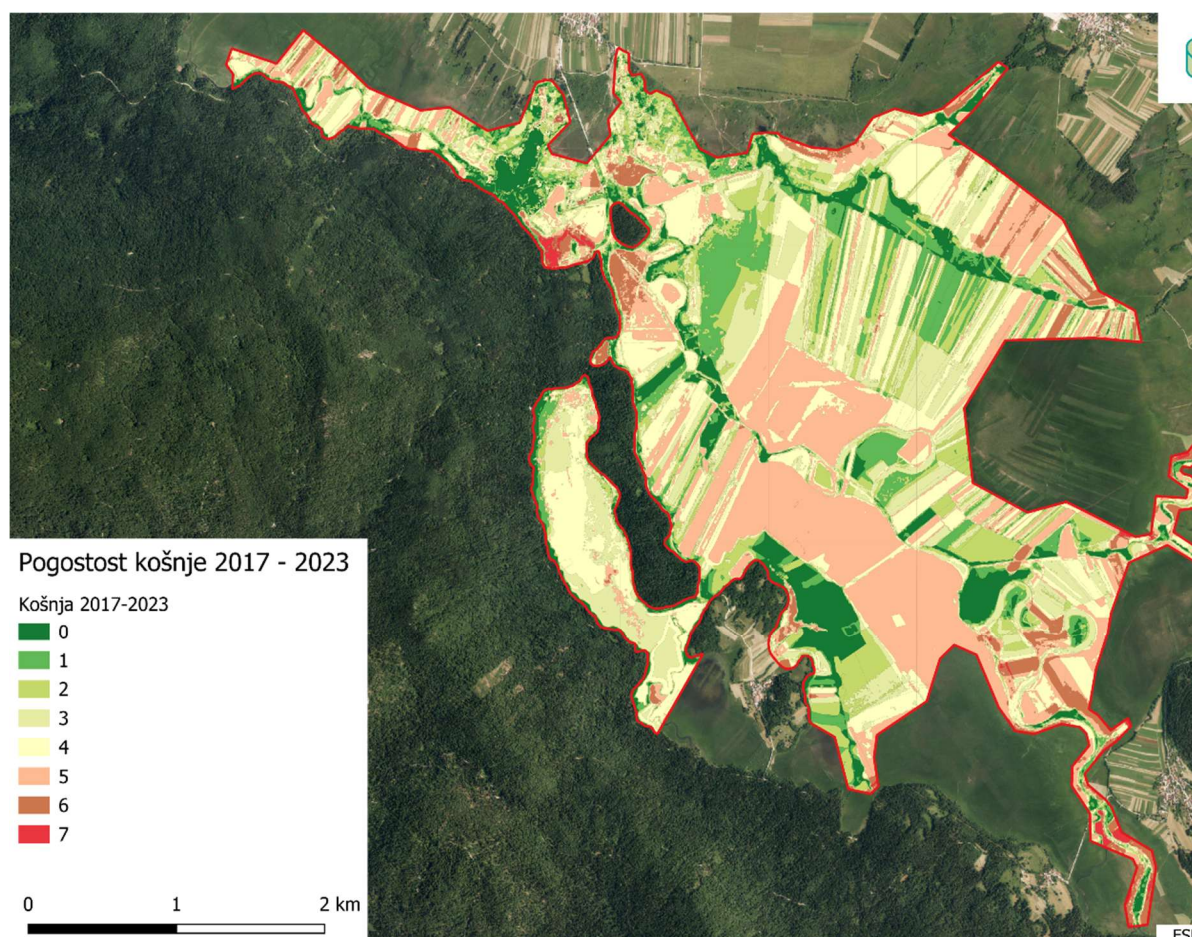
Spremembe strukture vegetacije, ki jih povzročata visokorasel sestoj trsta in debela plast odmrle rastlinske biomase (opada), vodijo k zmanjšanju števila nizkorastočih vrst mokrotnih travnikov in k močnemu upadu vrstne pestrosti (Rosenthal, 2010). Glavni razlog so slabše svetlobne razmere. Sukcesijska faza trstičja in visokih šašev se ohranja desetletja kot negozdnat, floristično in strukturno dobro opredeljen sukcesijski stadij, celo na manj vlažnih območjih nekdanjih mokrotnih travnikov (Rosenthal, 2010). Na še bolj mokrotnih rastiščih pa so trstišča celo klimaksna vegetacija.

7. Spremljanje razmer s pomočjo daljinskega zaznavanja

Model, ki nam z analizo satelitskih posnetkov in posnetkov z dronom olajša spremljanje, moramo najprej dobro naučiti, kaj pomenijo posamezne informacije o odbojnih spektrih, za katere rastlinske združbe gre in ali je sestoj pokošen ali ne.

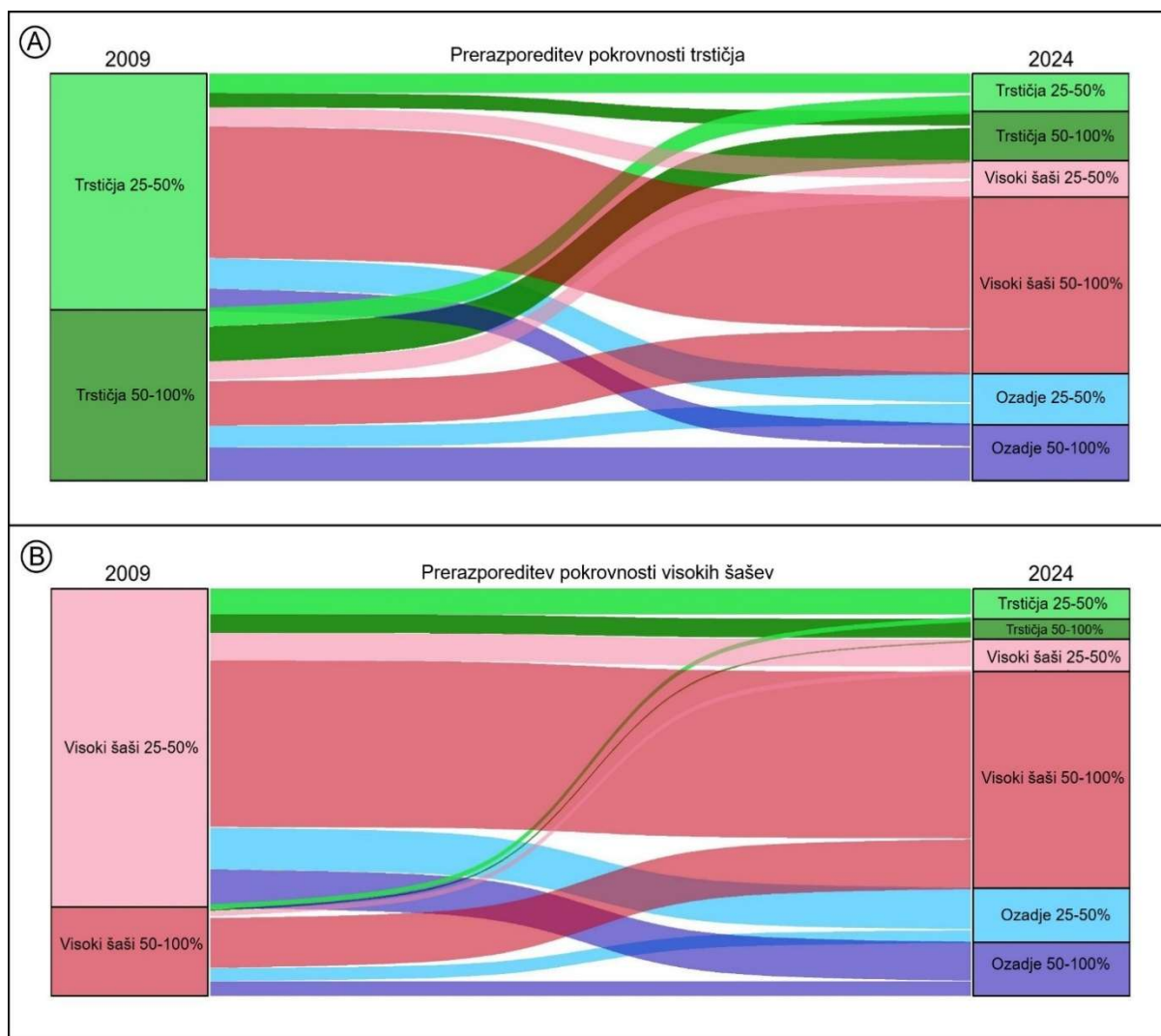
Na podlagi preučevanja razširjenosti dveh prevladujočih tipov vegetacije trstišča in visoki šaši, so Ojdanič in sod. (2026, v tisku) izdelali karto razširjenosti dveh prevladujočih habitatnih tipov, ki nam omogočata primerjavo sprememb med letom 2009 in 2024. Po drugi strani ta pristop upošteva tudi pokrovnost posameznih dominantnih rastlinskih taksonov (navadni trst in predvsem togi šaš iz skupine visokih šašev), četudi oba uspevata na isti prostorski enoti in zaradi tega še bolj reprezentativno ponazori dejansko stanje na terenu. Ta analiza je razkrila zaskrbljujoče razmere, ki niso zgolj rezultat percepcije, oziroma subjektivnega pogleda na obstoječe stanje. Površine, ki smo jih klasificirali v Habitatni tip gostih trstišč (vitalna, manj vitalna in osiromašena trstišča), so se v 15 letih **zmanjšale za 59 %**, površine s ko-dominantnim trstom, kjer je bila pokrovnost trsta < 50 %, pa **so nazadovale za 74 %**. Te spremembe dobro ponazarja Slika (23). Tudi Tiškus in sod. (2023) so z uporabo tehnik daljinskega zaznavanja v večletnem spremljanju vpliva vsakoletne košnje na jezeru Plateliai v Litvi zaznali očitno krčenje trstišč.

Dominantna trstišča, kjer ima trst vsaj 50 % pokrovnost in združuje več vegetacijskih tipov (vitalna trstičja PA, manj vitalna trstičja in osiromašena trstičja) so se deloma spremenila v ko-dominantna trstišča (trst ima 25-% pokrovnost), druge sestoje močvirske vegetacije, največji delež pa je prešel v vegetacijo visokih šašev (Slika 22). Še bolj radikalno je bilo zmanjšanje sestojev ko-dominantnih trstišč, kjer je imel trst 25-50 % pokrovnost in so imeli ponekod visoki šaši že enako ali celo večjo pokrovnost. Površina teh območij se je zmanjšala za kar 74 %, vegetacija pa je v največji meri prešla v dominantne sestoje visokih šašev, ki danes predstavljajo najpogostejši tip vegetacije na območju Cerknškega jezera. Velik del površin je prešel v habitatni tip visoka šašja, ki je v 15 letih močno pridobil na razširjenosti, zlasti sestoji, kjer so visoki šaši (predvsem togi šaš) dominanten takson.



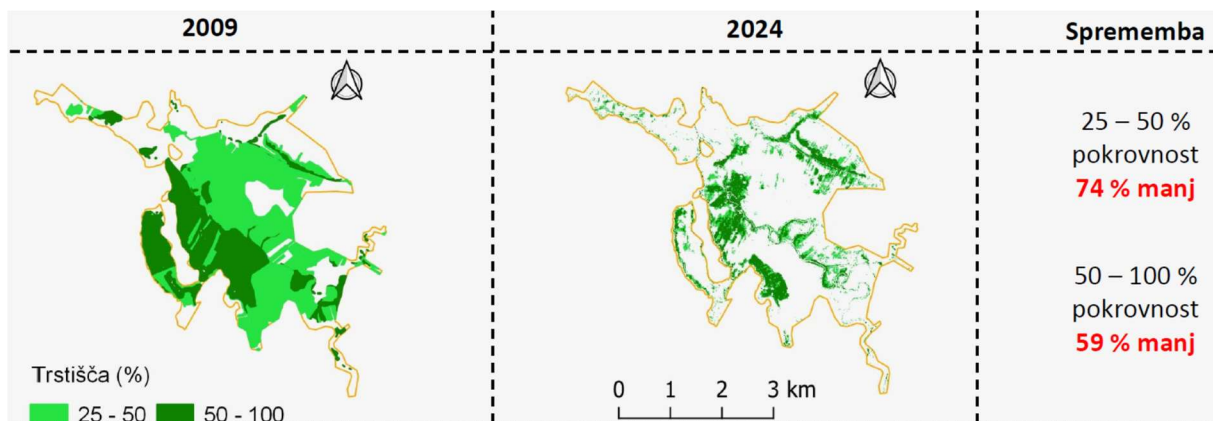
Slika 23: Število košenj (št. let s košnjo) na projektnem območju v obdobju 2017-2023 (Kraševac 2024).

Na sliki so s temnozeleno obarvana zemljišča, ki v obdobju 2017-23 niso bila nikoli košena (Kraševac 2024). Na podlagi terenskega opazovanja vemo, da ta na teh območjih kot so Levišča, območja med Strženom in Lipsenjščico, Trščenke, paleostruga Žerovniščice, najdemo obsežna vitalna, oziroma klimaksna trstišča, kjer višina trsta presega 3m. Po drugi strani pa vemo, da na rdečkasto obarvanih površinah trst ne uspeva.



Slika 24: Sankey diagram, ki nazorno prikazuje prerazporeditev trstičšč (a) in visokega šašja (b) v druge vegetacijske tipe.

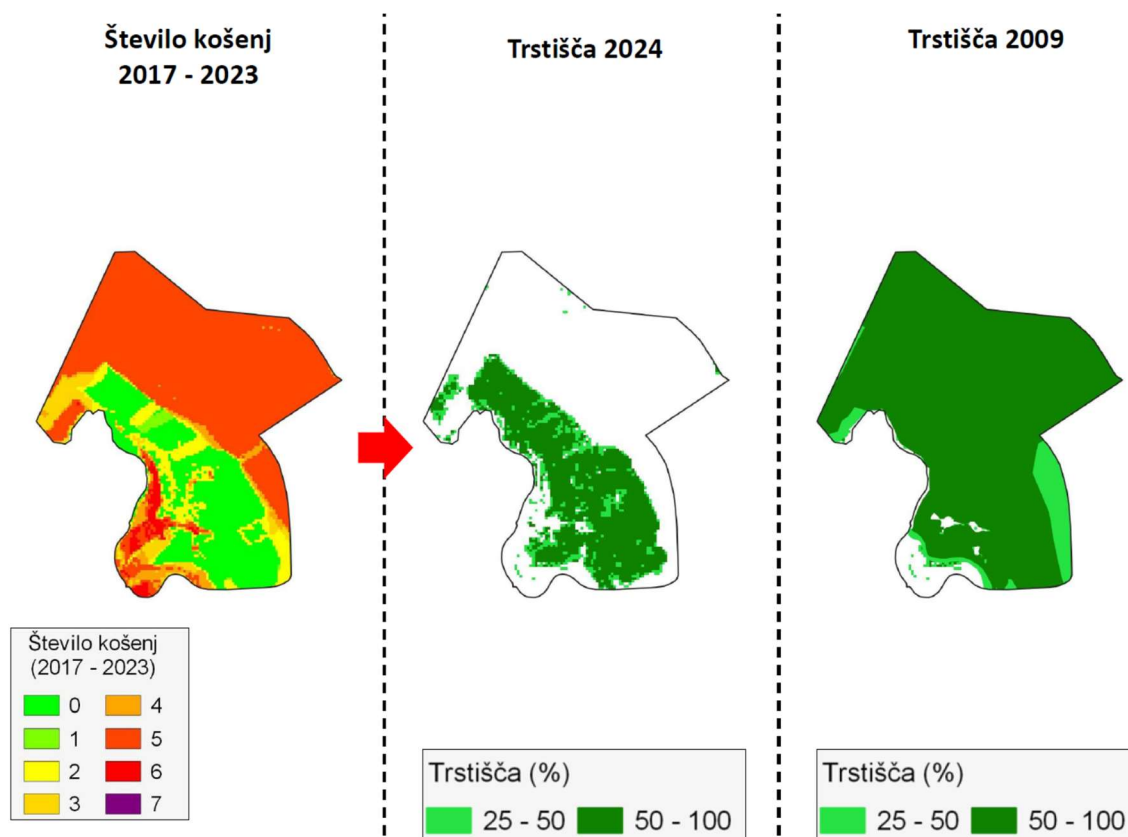
Habitatni tip (HT) trstičšča, ker ima navadni trst pokrovnost vsaj 50 %, je na večjih sklenjenih površinah prisoten le še na območju Levišča, Trščenke, ob Strženu in stari strugi Žerovnišči. V sklopu teh površin so tudi vsa preostala vitalna ali klimaksna trstičšča, ki niso bila košena že več let.



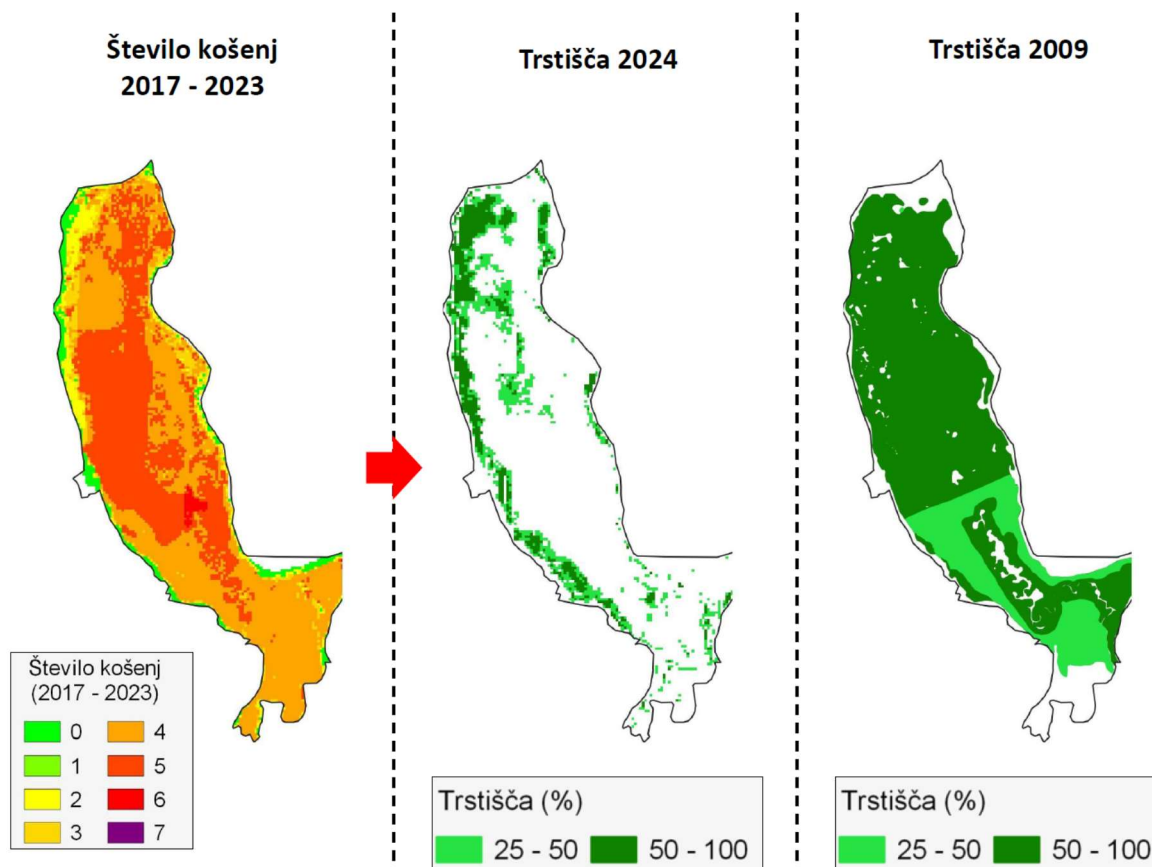
Slika 25: Karta razširjenosti gostega trstičja (pokrovnost trsta vsaj 50 %) in dominantnih visokih šašev v letih 2009 in 2024 na območju projekta LIFE Tršča na Cerknškem jezeru.

Povezava med pogostostjo košnje in krčenjem trstičšč je zelo dobro razvidna na kartah v večjem merilu, ki prikazujejo izbrana območja na Cerknškem jezeru, kjer je HT trstičšča v letu 2009 obsegal

velike površine. Na območju Levišča (Slika 24) so se gosta trstišča, kjer je pokrovnost trsta vsaj 50 %, ohranila le na tistih zemljiščih, ki so bila največ 2x košena v 7 letih (2017-23). večji sklenjeni sestoji so prisotni na tistih zemljiščih, ki so bila v tem obdobju košena največ 1x. Nekaj manjših sestojev lahko vidimo na najbolj zahodnem delu poligona na zemljišču, ki je bilo košeno 3x.



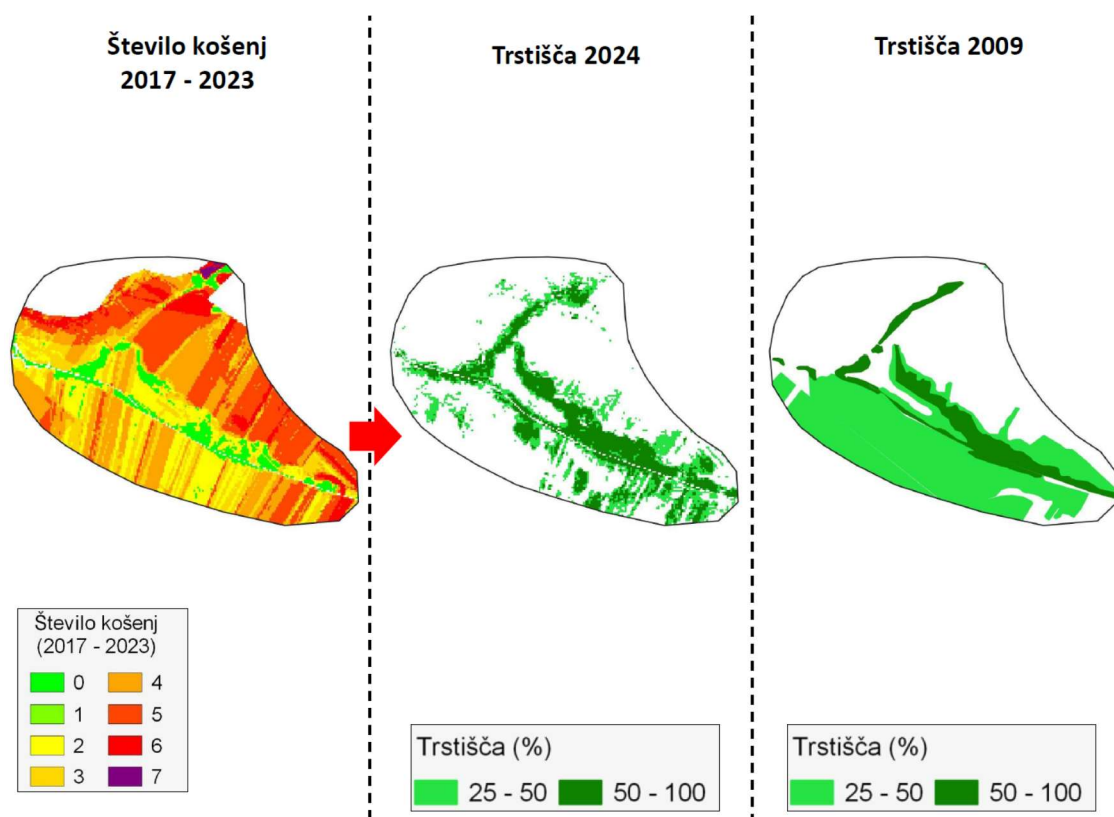
Slika 26: Karta števila košenj na posameznih zemljiščih in razširjenosti gostega trstičja (pokrovnost trsta vsaj 50 %) na območju Levišča.



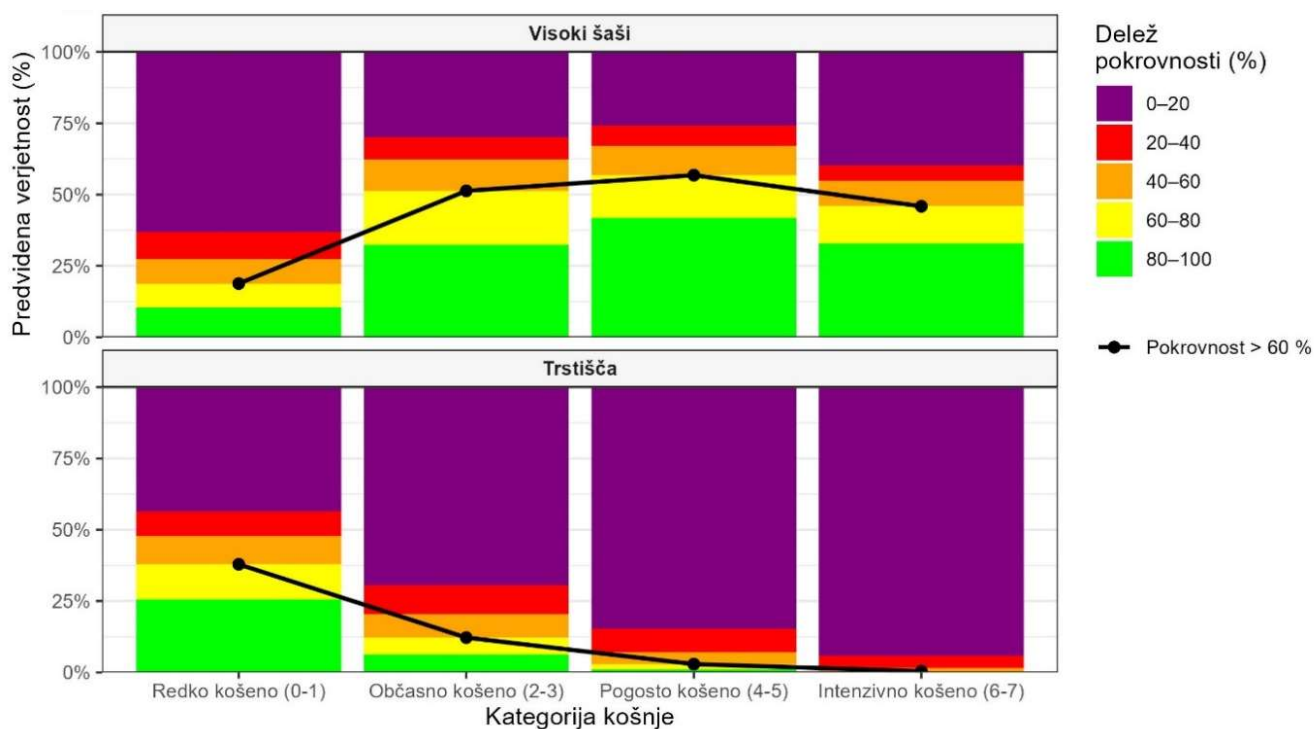
Slika 27: Karta števila košenj na posameznih zemljiščih in razširjenosti gostega trstičja (pokrovnost trsta vsaj 50%) na območju Zadnji kraj.

Na območju Zadnji kraj (Slika 25) je bila večina zemljišč v 7 letih (2017-23) pokošena 4-6x, zato so gosta trstišča, ki so bila po podatkih iz leta 2009 tam med najobsežnejšimi, povsem zdesetkana. Največji sklenjeni sestoje gostega trstičja uspeva na SZ delu območja, ki je bilo v 7 letih košeno 1-2x. manjši sestoje gostega trstičja (pokrovnost trsta vsaj 50 %) so prisotni tudi na območjih, ki so bila 3-4x košena v 7 letih. Na zemljiščih, ki so bila košena 5-7x trstičja ni več, oziroma je nekaj manjših sestojev redkega trstičja (= prehodni tip), na katerih ima < 50 % pokrovnost in so v bistvu dominantni visoki šaši.

Na območju nekdanje struge Žerovniščice (Malni) so se razmere od leta 2009 še najmanj spremenile (Slika 26). Sestoje gostega trstičja z vsaj 50 % pokrovnostjo trsta so v zelo podobnem obsegu razširjeni na območju med paleostrugo Žerovniščice in kanalizirano strugo Žerovniščice, ki je težko dostopno s kmetijsko mehanizacijo. Ta območja so bila v 7 letih (2017-23) pokošena 1-2x. Ozki sestoje gostega trstičja so še vedno prisotni vzdolž pritoka Martinjščica in ob kanalizirani Žerovniščici. Tudi ti sestoje so iz varnostnih razlogov redko košeni (največ 1x v 7 letih).



Slika 28: Karta števila košenj na posameznih zemljiščih in razširjenosti gostega trstičja (pokrovnost trsta vsaj 50 %) na območju Žerovniščica - Malni.



Slika 29: Krivulje verjetnosti pokrovnosti posameznih razredov.

Vpliv intenzivnosti košnje na porazdelitev pokrovnosti različnih tipov vegetacije je bil statistično značilen pri vseh razredih. Učinek je bil najbolj izrazit pri trstu (Slika 27). Upad višjih razredov pokrovnosti trstišč je bil skoraj linearen z večanjem intenzivnosti košnje. Verjetnost, da imajo ploskve več kot 60 % trsta, je bila znotraj redko košene skupine (0 – 1 košenj) 37 %, medtem ko je bila pri pogosto košenih ploskvah (4 – 5 košenj) <10 %.

Tudi odziv vegetacije visokih šašev na intenzivnost košnje je bil statistično značilen, vendar šibkejši kot pri trstu. Verjetnost, da ploskve vsebujejo 60 % ali več šašev, je bila v redko košeni skupini okvirno 20 %, nato pa je linearno naraščala vse do skupine pogosto košenih ploskev, kjer je bila verjetnost več kot 50 %. Odziv pri vsakoletni košnji je bil negativen, saj je verjetnost večjih deležev visokih šašev ponovno padla pod 50 %.

Na podlagi krivulj verjetnosti visokih razredov pokrovnosti, je učinek košnje pri trstiščih linearen (Slika 27), saj se verjetnost pokrovnosti postopno zmanjšuje z večanjem intenzivnosti košnje. Pri visokih šaših je opazno naraščanje verjetnosti do platoja, ki mu sledi ponoven upad pri največjih frekvencah košnje.

8. Splošni opis posameznih vegetacijskih tipov

8.1. *Phragmitetum australis* Savič 1926

Struktura združbe: Združba trstičja, ki jo gradi dominantna vrsta *Phragmites australis*, v svojih sestojih vsebuje majhno število drugih vrst rastlin, ki imajo običajno majhno pokrovnost. Ta vegetacijski tip vključuje visoke, goste sestoje trsta (*Phragmites australis*). Če združba uspeva v obliki ozkih pasov, so ti zaradi robnega učinka vrstno bogatejši (Lukač 1988).

Ekološke razmere rastišča: Trst ima široko ekološko valenco in tako lahko uspeva na zelo različnih rastiščih. Pojavlja se v oligotrofnih do eutrofnih, kislih do bazičnih in celo brakičnih mokriščih. Višina trsta variira (1–4 m), na zelo ugodnih rastiščih je lahko visok tudi prek 4 m.

Ta vegetacijski tip večinoma uspeva na redno poplavljenih rastiščih, kjer je globina vode 10–50 cm (Šumberová K. 2011a), lahko pa uspeva tudi na rastiščih, kjer je občasno voda globoka 2 m. Zato ga nekateri obravnavajo kot tip **vodne vegetacije**. Po drugi strani pa lahko uspeva tudi na območjih, ki sploh niso poplavljeni (npr. Gorenja blata). Uspeva lahko na rastiščih, kjer je nivo vode več kot 20 cm pod površjem, saj z globoko segajočimi rizomi pride do vode tudi v sušnih razmerah.

Pojavlja se v litoralu jezer, ribnikov, v mrtvicah, uleklinah na aluvialnih ravninah, jarkih, kanalih, na rečnih nanosih, robovih močvirij, opuščenih mokrotnih travnikih in poplavljenih kotanjah na obdelovalnih zemljiščih (Šumberová K. (2011a). Za dolgoročen obstoj ta združba ne potrebuje vpliva človeka, kot npr. mokrotni travniki. Širjenje trstičja kaže tudi na njegov vpliv na druge zeliščne združbe z nižjo rastjo, kjer povzroča njihovo zaraščanje (Stančić, 2010), kar negativno učinkuje na biodiverziteti.

8.2. Vegetacija visokih šašev

uspeva na robovih stoječih in počasi tekočih voda tik nad povprečno gladino vode, na rastiščih, ki so izpostavljena občasnim poplavam in na tleh, ki so skozi vse leto nasičena z vodo. Združbe visokih šašev so običajno vrstno revne, prevladuje ena dominantna vrsta šaša, pogosto z gosto rastjo v šopih (kopučah), spremlja pa jih le nekaj značilnih vrst, ki rastejo v vrzelih med kopučami in na njih. Posamezna prevladujoča rastlina je odvisna od substrata, hidrologije in trofične ravni habitata ter od upravljanja (Chytrý et al. 2020).

8.3. *Caricetum elatae* Koch 1926

Struktura združbe: dominantni vrsti sta *C. elata*, *Phragmites australis*; konstantne vrste: *C. elata*, *Galium palustre*, *Lysimachia vulgaris*, *Lythrum salicaria*.

Praviloma v teh sestojih najdemo še 5–15 drugih vrst vaskularnih rastlin na ploskev velikosti 4–25 m² (Hajkova et al. 2011). Prevladujoča vrsta *Carex elata* gradi opazne šope/kopuče, široke do 50 cm in visoke 20–50 cm, ki so še posebej izraziti na rastiščih, kjer je površina tal pogosto poplavljenjena. Prevladujoča vrsta tal so organska tla.

Ekološke razmere rastišča: Združba naseljuje litoral mezotrofnih (oligotrofnih do rahlo eutrofnih) stoječih voda in obrežni pas počasi tekočih voda, jarkov, mrtvih rokavov in mrtvic. Na večjih površinah to združbo najdemo v večjih depresijah v poplavnih ravninah, močvirjih in v globlje depresijah v sklopu mokrotnih travnikov (Stančič 2010).

Predpogoj za nastanek in obstoj te združbe je dolgotrajno poplavljanje habitata z vodo. Znotraj skupine vegetacijskih tipov visokih šašev (zveze asociacij Magno-Caricion elatae), je vegetacija te združbe vezana na mesta z najglobljo vodo, vendar je gladina vode lahko zelo spremenljiva. Kratkotrajne poplave lahko dosežejo do 1 m globine, dolgotrajne pa 40–50 cm nad površino tal (Hanáková & Duchoslav 2003). Značilno za ta vegetacijski tip je, da so tla poplavljenjena spomladi, v ostalem delu vegetacijske sezone pa gladina vode niha. V sušnih obdobjih leta, običajno v drugi polovici poletja, se tla izsušijo, gladina vode lahko pade pod rizosfero. Običajno v jeseni ta območja voda ponovno poplavi. Na rastiščih z večjim nihanjem gladine vode skozi leto in bolj pogostim osuševanjem, sestava postaja podobna vegetacijskim tipom iz skupine Magno-Caricion gracilis (ostro šašje, mehurjasto šašje, obrežno šašje) (Hájková et al. 2011).

V teh sestojih togi šaš zgradi kopuče, ki so dvignjene nad površino tal, vendar obstajajo tudi sestoji, ki nimajo šopaste rasti. V sestojih, ki jih redno kosijo, kopuče zravnajo s tlemi, zato se v takih sestojih pojavlja večje število vrst (Stančič 2010).

8.4. Caricetum gracilis Savič 1926

Struktura združbe: v tem močvirskem vegetacijskem tipu je dominantna vrsta visokega šaša ostri šaš *Carex acuta*.

Ekološke razmere rastišča: Sestoji te asociacije se večinoma razvijajo v depresijah na mokrotnih travnikih, kjer jih tudi redno kosijo (Stančič 2010). Uspeva tudi v plitvih eutrofnih in mezotrofnih mokriščih, kot so litoralni pasovi ribnikov, vodnih zadrževalnikov, mrtvic, uleklin v poplavnih ravninah, ob bregovih nižinskih rek, kanalih in depresijah znotraj vlažnih travnikov. Globina vode običajno ne presega 10 cm, vendar je gladina lahko poleti dolgo časa pod površino tal (Šumberová 2011b).

8.5. Schoenoplectetum lacustris Chouard 1924

Struktura združbe: Prevladuje jezerski biček (*Schoenoplectus lacustris*), ki tvori redke sestoje. Jezerski biček lahko na ugodnih rastiščih zraste do 3 m v višino, na manj ugodnih zraste nekaj več kot 1 m.

Ekološke razmere rastišča: Optimalna rastišča so v vodi, v globinah od 40 do 60 cm, uspeva tudi v večjih globinah, do 150 cm, kar je globlje kot drugi močvirski vegetacijski tipi (Šumberová 2011c). Je v bistvu tip **vodne vegetacije**. Lahko je tudi večina rastline pod vodo. Dolgotrajno uspevanje v globoki vodi mu omogoča izločanje algicidnih snovi, tako da ga ne preraste perifiton (obrast iz pretežno alg), ki bi zmanjšal dostop svetlobe in CO₂. Pogosto tvori prehodno območje med odprto vodo in trstiščno vegetacijo.

Schoenoplectetum lacustris se pojavlja v mezotrofnih do rahlo eutrofnih mokriščih, običajno z majhnim deležem organskih usedlin na dnu, in pogosto v nedavno motenih ali na novo nastalih vodnih telesih (Šumberová 2011c). Na rastiščih, kjer se v sušnem obdobju tla izsušijo, nadzemni deli rastlin propadejo.

Značilnosti rastišč posameznih vegetacijskih tipov na območju projekta LIFE Tršca:

		VT1 Vitalna trstišča ob jezerskih oknih (ta se po presahnitvi jezera osušijo)	VT2 Vitalna trstišča v obrežnem pasu jezerskih rek (ta tudi po presahnitvi jezera (še dolgo) ohranijo vodo)	Jezersko bičkovje
--	--	--	--	--------------------------

1.	opis vegetacije	Poleg dominantnega trsta je v teh sestojih majhno število drugih vrst rastlin, ki imajo zelo majhno pokrovnost. Po produktivnosti ga lahko uvrstimo med VT2 in VT3 Trščenke, Levišča	Dominantna vrsta <i>Phragmites australis</i> na teh rastiščih gradi obrežna trstišča. V svojih sestojih vsebuje majhno število drugih vrst rastlin, ki imajo majhno pokrovnost. Zaradi robnega učinka – presevanja gostih sestojev s strani, tam kjer obrežno trstiče meji na reko, je vrst na tovrstnih rastišč nekoliko več. Na teh mestih trst doseže največjo vitalnost in s tem višino, tudi 4 m, saj so to najbolj ugodna rastišča zanj. Stržen, Žerovniščica, Lipsenjščica, tudi paleostruga Žerovniščice, Lipsenjščice,	Združba <i>Scirpetum lacustris</i>, ki jo gradi dominantna vrsta <i>Schoenoplectus lacustris</i>, v svojih sestojih vsebuje malo drugih vrst. Stržen, Žerovniščica, Trščenke, Levišča, Zadnji kraj,
2.	Kakšne hidrološke razmere rabi, da nastane	kjer je nivo vode do 2 m nad površjem, v najbolj sušnem delu poletja pa lahko daleč pod površjem, uspeva na obodu jezerskih oken;	kjer je nivo vode do cca 1 m nad površjem, v najbolj sušnem delu poletja pa se tla le izjemoma izsušijo, saj je zaradi bližine strug in kapilarnega dviga vode v tleh vedno nekaj vode.	od vseh tipov je najbolj higrofilen, optimalna rastišča so v vodi, v globini 40-60 cm, tudi do 150 cm, občasno tudi več kot 2 m, lahko je večina rastline pod vodo. prehod med odprto vodo in VT1 in VT2. v Strženu (kjer je renaturiran okljuk) in v jezerskih oknih na najglobljih še poraslih delih.
3.	kakšno pogostost košnje rabi, da nastane	Čim manj košnje	Čim manj košnje	Čim manj košnje
4.	Kaj se z vegetacijo zgodi, če se na obravnavanem tipu:			
4. a	- uvede redna vsakoletna košnja	Vsako leto manjša vitalnost, ki se odraža z nižjo višino trsta in nižjo biomaso. Pokrovnost trsta se zmanjšuje. Sčasoma propade.	Vsako leto manjša vitalnost, ki se odraža z nižjo višino trsta in nižjo biomaso. Pokrovnost trsta se zmanjšuje.	Vsako leto manjša vitalnost, ki se odraža z nižjo višino stebel. Pokrovnost bička se zmanjšuje.
4. b	-uvede občasna košnja - vsaka 2-3 leta	Manj vitalna vegetacija	Manj vitalna vegetacija	Manj vitalna vegetacija

4. c	Košnja povsem opusti	Vitalna vegetacija	Vitalna vegetacija	Vitalna vegetacija
---------	--	--------------------	--------------------	--------------------

		VT3 Vitalna trstišča stran od območij z odprto vodno površino	TC Mešane združbe trstišč in visokih šašev
1.	opis vegetacije	Dominantna vrsta <i>Phragmites australis</i> , v svojih sestojih običajno vsebuje več drugih vrst rastlin kot VT1 in 2, ki pa večinoma ne dosežajo velike pokrovnosti. Zaradi pogostih izsušitev tal poleti in globoke vode spomladi ali jeseni, je tu trst manj vitalen kot VT1 in 2. Višina trsta je tukaj 1,2-1,8 m, v povprečju 1,5 m. Trščenke, Levišča, Zadnji kraj,	Niz prehodnih tipov med vitalnimi trstišči in visokimi šaši: -MVT (manj vitalno trstišče), trst 75-95 %, <i>Phragmitetum communis</i> ; -OT (osiromašeno trstišče), trst 50-75 %; <i>Phragmitetum communis</i> ; -PT (prehodni tip), trst <50 %; Daleč najpogostejši od visokih šašev je togi šaš (<i>C. elata</i>), ki zraste v višino 0,45-1,2 m. Ostri šaš (<i>C. acuta</i>) zraste 0,6-1,2 m. Mehurjasti šaš (<i>C. vesicaria</i>) zraste 0,3-0,8 m. Proseni šaš (<i>C. panicea</i>) zraste 0,1-0,5 m. Obrežni šaš (<i>C. riparia</i>) zraste 0,6-1,5 m.
2.	Kakšne hidrološke razmere rabi, da nastane	kjer je nivo vode do 2 m nad površjem, v najbolj sušnem delu poletja pa so tla popolnoma izsušena, ker v bližini ni vodnih teles ali podzemne vode.	Nastanek tovrstnega tipa vegetacije je dvosmeren proces. Prehodni tipi lahko nastanejo na rastiščih, ki so po vlažnosti podobna ali enaka kot rastišča VT3, s tem da redna ali občasna košnja (na 2-3 leta) preprečuje obstoj vitalnega trstičja; druga možnost pa je tudi prodiranje trsta na rastišča visokih šašev iz sosednjih območij, kadar se pogostost košnje zmanjša; Zadnji kraj, Osredki, Ključ,
3.	kakšno pogostost košnje rabi, da nastane	Čim manj košnje	Košnja na 1-2 leti
4.	Kaj se z vegetacijo zgodi, če se na obravnavanem tipu:		
4. a	- uvede redna vsakoletna košnja	Vsako leto manjša vitalnost, ki se odraža z nižjo višino trsta in nižjo biomaso. Pokrovnost trsta se zmanjšuje. Sčasoma propade.	Vedno večja prevlada kravine in vedno manj trsta
4. b	-uvede občasna košnja - vsaka 2-3 leta	Manj vitalna vegetacija	Vedno več trsta in vedno manj kravine, a odvisno od hidroloških razmer
4. c	Košnja povsem opusti	Vitalna vegetacija	prevlada trsta in nekaj kravine v spodnjem sloju

		C1 Dolgotrajno nekošena kravina z razvitimi visokimi kopučami	C2 Redno košena vrstno osiromašena kravina	C3 Občasno košena vrstno bogata kravina
1.	opis vegetacije	Združba Caricetum elatae v svoji optimalni obliki, oz. brez človekovih posegov. Prevladuje togi šaš, ki na nekošenih površinah oblikuje 20-50 cm visoke kopuče (50 cm široke) kot prilagoditev na poplavljanje rastišč. Ostale vrste rastejo med kopučami, nekatere manj vlagoljubne pa tudi na kopučah. Daleč najpogostejši od visokih šašev je togi šaš (C. elata) , ki zraste v višino 0,45-1,2 m.	Združba Caricetum elatae, v kateri prevladuje togi šaš, ki na redno košenih (vsako leto) površinah oblikuje vrstno revne sestoje. Zaradi vsakoletne košnje kopuč na teh rastiščih ni, togi šaš pa je lahko tudi 50% nižji kot na manj poplavnih rastiščih. Ta rastišča so vrstno revna zaradi dolgotrajne poplavljenosti rastišč, ki ustreza VT3, po drugi strani pa zaradi redne košnje, ki onemogoča rast trstu, bičku, grintu in drugim visokoraslim vrstam.	Združba Caricetum elatae, v kateri prevladuje togi šaš. Na redko košenih površinah se uspešno uveljavljajo tudi visoke steblikke, oziroma vrste, ki so višje od prevladujočega togega šaša (<i>Senecio paludosus</i> , <i>Thalictrum lucidum</i> , <i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Lysimachia vulgaris</i> , <i>Lythrum salicaria</i> , <i>Phragmites australis</i> , <i>C. acuta</i>). Daleč najpogostejši od visokih šašev je togi šaš (<i>C. elata</i>), ki zraste v višino 0,45-1,2 m. Ostri šaš (<i>C. acuta</i>) zraste 0,6-1,2 m. Mehurjasti šaš (<i>C. vesicaria</i>) zraste 0,3-0,8 m. Obrežni šaš (<i>C. riparia</i>) zraste 0,6-1,5 m.
2.	Kakšne hidrološke razmere rabi, da nastane	Kratkotrajne poplave lahko dosežejo do 1 m globine, dolgotrajne pa 40–50 cm nad površino tal. Tla so razmočena vsaj 1-2 meseca v času vegetacijske sezone, kar upočasnjuje zaraščanje z lesnatimi vrstami in razgradnjo organskega opada.	Ta tip vegetacije nastane na rastiščih, ki so vsako leto poplavljeni več kot 1 mesec v vegetacijski sezoni, voda je pogosto globoka več kot 1m in sega višje od vegetacije. Tla so več mesecev razmočena in zato organska. To so rastišča, ki po vlažnosti ustrezajo VT3, ki pa je s teh površin izginil zaradi redne košnje.	Ta tip vegetacije nastane na rastiščih, ki so vsako leto poplavljeni manj kot 1 mesec v vegetacijski sezoni, globina vode je kvečjemu 10-50 cm, ni višja od vegetacije. Tla so krajši čas razmočena kot C2 ali C1 in je delež organske snovi manjši (mineralno-organska).
3.	Kakšno pogostost košnje rabi, da nastane	Košnja na 4-5 let.	Na naših ploskvah v okviru transektov v pogostosti košnje ni bilo razlik.	
4.	Kaj se z vegetacijo zgodi, če se na obravnavanem tipu:			
4. a	Uvede redna vsakoletna košnja	Visoki šaši ostanejo prevladujoči, vendar visoke kopuče izginejo zaradi pogoste košnje, ki kopuče poreže.	Vegetacijski tip podoben obstoječemu.	Vegetacijski tip podoben obstoječemu.

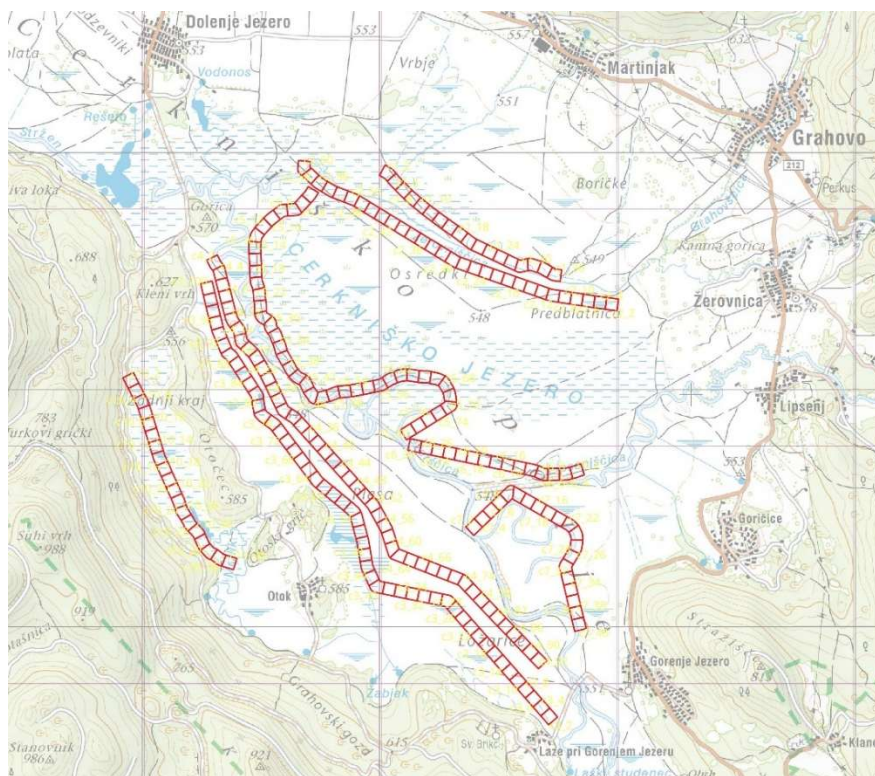
4. b	Uvede občasna košnja (npr. 1x na vsaka 2-3 leta)	Visoki šaši ostanejo prevladujoči, večinoma se kopuče ohranijo, verjetno pa bi bile manj izrazite.	Ob ponovni naselitvi trsta s pomočjo semen, bi ta postopoma pridobival na deležu.	Obstoječ vegetacijski tip.
4. c	Košnja povsem opusti	Ta tip vegetacije se lahko zaraste z lesnatimi vrstami, razen ob robu požiralnikov, kjer so rastišča bolj vlažna, zaradi pogostih motenj pa trst ne uspeva.	Ob ponovni naselitvi trsta s pomočjo semen, bi ta postopoma pridobival na deležu in po daljšem obdobju tudi prevladal, v sponjem sloju bi visoki šaši še dlje časa ostali prisotni.	Delež kravine bi se večal, pestrost vrst bi se zmanjšala, lahko bi se uveljavile tudi vrbe (<i>Salix cinerea</i>).

Podrobnejša obrazložitev za nekatere vegetacijske tipe:

C3 Vrstno bogato šašje (VBŠ) večinoma uspeva na rastiščih, ki so bližje zgornjega toka Stržena in ob odsekih Lipsenjščice ter Žerovniščice pod naselji, kjer jezero poplavlja krajši čas. Na teh mestih je teren nekoliko višji (nekaj cm do dm), tla pa so bolj odcedna (manjši delež gline in večji delež melja), oz. bolj ilovnata če gledamo teksturne razrede. Tam so anoksične razmere v tleh manj pogoste, kar omogoča uspevanje tudi vrstam, ki so manj tolerantne na poplavljenost ali nasičenost tal z vodo. tovrstni sestoji so razširjeni ob Strženu: Gorenje Jezero, Malenšče, Beli breg, ob Lipsenjščici: pod Žerovnico - Ribjeki, proti Benetku. ob Žerovniščici: pod Žerovnico – osredki V del

C2 Vrstno revno šašje (RŠ) večinoma uspeva na rastiščih, ki so dlje od vodotokov (Stržena, Lipsenjščice in Žerovniščice). Na teh mestih je teren nižji in s tem dlje časa popolavljen, tla pa so dlje časa razmočena (večji delež gline in manjši delež melja), oz. bolj glinasta če gledamo teksturne razrede. Tam so anoksične razmere v tleh bolj pogoste, kar izloča rastlinske vrste, ki so manj tolerantne na poplavljenost ali nasičenost tal z vodo. Pogosto je v teh tleh tudi velik delež organske snovi – tla so na površju črna in se ugrezajo pod nogami. zaradi dolgotrajne razmočenosti in poplav je razgradnja upočasnjena, *Carex elata* pa je tudi vrsta, ki pospešuje nastajanje šote (temno rjava šota iz odmrlih korenin šašev).

Največji sestoji in vrstno najbolj revni uspevajo na območju med Lazami in Otokom, kjer je transekt Levišča – Trščenke zahod. Tovrstni sestoji so razširjeni ob srednjem toku Stržena v Ključih; ob Žerovniščici: osredki Z del.



Slika 30: Karta s prikazom transektov, (Jančar in Kraševac 2025).

Jezersko bičkovje:

Ob in v jezerskih oknih marsikje uspevajo obsežni sestoji jezerskega bičkovja. Najobsežnejši so v Trščenkah, ob Žerovniščici, oziroma njeni zaježitvi pred Retjem, ob Rešetu in Vodonosu ter v Zadnjem kraju (Jančar in Kraševac, 2026). Glede na nastanek, sta Jančar in Kraševac (2026) definirala dva tipa bičkovja: (i) primarna bičkovja – se razvijejo tam, kjer zaradi velike globine vode večji del leta trst ne more uspevati; (ii) sekundarna bičkovja – se razvijejo na območjih vitalnih trstišč, ki so bila zaradi košnje uničena, voda pa je večji del leta tako globoka, da visoki šaši ne morejo uspevati; videti je namreč, da biček precej bolje prenaša košnjo, kot trst; v tem primeru gre za območja s potencialom uspevanja kjer je potencialno naravna vegetacija »vitalna trstišča« ali »vegetacija ob jezerskih oknih«.

Primarna bičkovja uspevajo ob požiralniških sistemih Rešetu in Vodonosu ter v Zadnjem kraju (Gaberščik & sod. 2009), kjer se zaradi nizke nadmorske višine jezerska voda zadržuje najdlje, v povprečju okoli 9 mesecev na leto (Blatnik 2026) in je ob običajnih vodostajih voda najgloblja. Sekundarna bičkovja pa so se po uničenju vitalnih trstišč verjetno razvila v Trščenkah in ob Žerovniščici pred Retjem (Jančar in Kraševac, 2026). Na prvi pogled so sestoji primarnega bičkovja bolj pokončne rasti in gostejši, v sušnem obdobju zaradi večje vlažnosti rastišč tudi bolj vitalna, medtem ko v sekundarnem bičkovju ta ne doseže takšne pokrovnosti, rastline bička pa v sušnem obdobju izgubijo značilno temno zeleno barvo.

9. Zaključki

Košnja ima odločilen vpliv na močvirsko vegetacijo na Cerknškem jezeru.

V jezerskih sestojih navadnega trsta košnja lahko negativno vpliva na vitalnost trsta (zmanjšuje produktivnost).

Na najbolj mokrotnih rastiščih, kjer proces sukcesije zavira vodna faza in močno nihanje vodostaja, košnja trstišč ni potrebna, saj so trstišča klimaksni vegetacijski tip (hidrološko pogojena klimaksna vegetacija).

Načini upravljanja s trstom, ki je vezano zgolj na tarčne vrste organizmov, sicer podpira prisotnost tarčnih vrst (npr. kosec), obenem pa lahko negativno vpliva na trst in rastlinske / živalske vrste vezane na trstišča.

Če želimo ohranjati specialiste, ki potrebujejo vitalna trstišča, bi morala biti košnja omejena in načrtovana v skladu s prostorsko razporeditvijo zemljišč, tako da se nobeno zemljišče ne kosi dve leti zapovrstjo. V nasprotnem primeru se bo obseg vitalnega in manj vitalnega trstičja še naprej zmanjševal.

Na vseh košenih zemljiščih je obvezno treba izvesti tudi spravilo, oziroma odvoz pokošene biomase.

Rešitev za ohranjanje mokrišč na Cerknškem jezeru:

- Učinek košnje na vegetacijo je zelo odvisen od vodostaja na določenem rastišču, saj ima enak ukrep lahko na manj mokrotnem terenu pozitivne učinke, na bolj mokrotnem pa predvsem negativne učinke.
- Obdelovanje zemljišč na enak način na celotnem območju Cerknškega jezera bi imelo uničujoče posledice za biotsko raznovrstnost.
- Košnja na mokrotnih travnikih in nizkih barjih (blatah) te habitate ohranja, saj zavira njihovo zaraščanje z lesnatimi vrstami.
- V sestojih, ki jih visoka voda večkrat na leto poplavi, košnja lahko negativno vpliva na vitalnost trsta in zmanjšuje produktivnost. Na določenih predelih kot so Zadnji kraj, Trščenke, Ključi in, ob Žerovniščici, kjer proces sukcesije zavira voda, vsakoletna košnja trstišč ni primerna.
- Če prilagodimo košnjo glede na tarčne vrste, to podpira prisotnost tarčnih vrst, ne pa nujno habitata kot celote. S tem lahko izgubimo številne druge vrste. Če želimo ohraniti vrste, ki potrebujejo vitalna trstišča, bi morala biti košnja na teh območjih selektivna.
- Na jezeru bi bilo najbolje zagotoviti mozaičnost košnje trstišč, z večjo pozornostjo do vitalnih (klimaksnih) trstišč, kjer se ne bi kosilo vsako leto. Za trstišča bi bil primeren ukrep košnja vsake 4 leta, oziroma odsotnost košnje na posameznih zemljiščih vsaj 3 leta zapored.

10. 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. 2020. 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 in Armstrong (1990, 1991)
- 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)
- Asaeda, T., Rajapakse, L., Manatunge, J., Sahara N. (2006). The effect of summer harvesting of *Phragmites australis* on growth characteristics and rhizome resource storage. *Hydrobiologia*, 553, 327–335. <https://doi.org/10.1007/s10750-005-1157-6>
- 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.
- Banaszuk P., Kamocki A.K., Zarzecki R. 2016. Mowing with invasive machinery can affect chemistry and trophic state of rheophilous mire. *Ecological Engineering*, 86, 31–38.
- Blatnik, M. 2026. Poročilo o analizi velikosti Cerkniškega jezera pri različnih vodostajih. LIFE Tršca, naloga T.7.4.i., 17 str., Postojna, Inštitut za raziskovanje krasa, ZRC SAZU.
- 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>.
- Brezina, S., Koubek, T., Munzbergova, Z., Herben, T., 2006. Ecological benefits of integration of *Calamagrostis epigejos* ramets under field conditions. *Flora*, 201, 461–467.
- Brix, H., Sorrell, B.K., Orr, P.T. 1992. Internal pressurization and convective gas flow in some emergent freshwater macrophytes. *Limnology and Oceanography*, 37: 1420–1433.
- Brix, H., Sorrell, B.K., Schierup, H.-H., 1996. Gas fluxes achieved by in situ convective flow in *Phragmites australis*. *Aquatic Botany*, 54, 151–163.

- 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)
- Choi, J., Maniquiz, M. C., Kang, J. H., Lim, K., Kim, L.H. 2012. Seasonal biomass changes at a newly constructed wetland in agricultural area. *Desalination and Water Treatment*, 38, 337–343.
<https://doi.org/10.1080/19443994.2012.664399>
- Chytry, M. et al. 2020. EUNIS habitat classification. *Applied Vegetation Science*, 23:648–675.
- 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>
- Cowie, N.R., Sutherland, W.J., Dithogo, M.K.M. and James, R. 1992. The effects of conservation management of reed beds. II. The flora and litter disappearance. *Journal of Applied Ecology*, 29, 277–284
- 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>
- Čížková, H., Kučera, T., Poulin, B., Kvet, J. 2023. Ecological Basis of Ecosystem Services and Management of Wetlands Dominated by Common Reed (*Phragmites australis*): European Perspective. *Diversity*, 15, 629. <https://doi.org/10.3390/d15050629>
- 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>
- Dinka, M., Szeglet, P. 2001. Some characteristics of reed (*Phragmites australis*/Cav./Trin ex Steudel) that indicate different health between vigorous and die-back stands. *SIL Proceedings*, 1922-2010, 27, 6: 3364–3369, <https://doi.org/10.1080/03680770.1998.11902450>
- 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>
- 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., Brancaleoni, 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>

Gerard, M., et al., 2008. Importance of mowing and flood frequency in promoting species richness in restored floodplains. *Journal of Applied Ecology*, 45, 780–1789 doi: 10.1111/j.1365-2664.2008.01572.x

Grime, J.P. 2001. *Plant Strategies, Vegetation Processes and Ecosystem Properties*. John Wiley & Sons, Chichester, UK.

Güsewell, S., Buttler, A., Klötzli, F. 1998. Short-term and long term effects of management on the vegetation of two calcareous fens. *Journal of Vegetation Science*, 9, 861–872.

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>

Hájková P., Navrátilová J. & Hanáková P. (2011): *Caricetum elatae* Koch 1926. – In: Chytrý M. (ed.), *Vegetace České republiky. 3. Vodní a mokřadní vegetace* [Vegetation of the Czech Republic 3. Aquatic and wetland vegetation], p. 527–530, Academia, Praha.

Hanakova P., Duchoslav M. 2003. Vegetace rakosin a vysokých ostřic (*Phragmito-Magnocaricetea*) nivy Moravy v Hornomoravském úvalu III. vegetace tř. *Magnocaricetalia*, závěrečná diskuse. *Čas. Slez. Muz. Opava*, 52, 133–150.

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)

Härdtle, W., Redecker, B., Assmann, T., Meyer, H. (2006) Vegetation responses to environmental conditions in floodplain grasslands: prerequisites for preserving plant species diversity. *Basic and Applied Ecology*, 7, 280–288.

Haslam, S. M. 1972. *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel). *The Journal of Ecology*, 60(2), 585–610. <https://doi.org/10.2307/2258363>

Hazelton, E.L.G., Mozdzer, T.J., Burdick, D.M. et al. 2014. *Phragmites australis* management in the United States: 40 years of methods and outcomes. *AoB Plants*. 6, 1–19. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plu001>

Jančar, T., Kraševac, R. 2025. Kartiranje tipov vegetacije na Cerkniškem jezeru 2024. LIFE Tršča, naloga T.7.1.i. Notranjski regijski park, Cerknica. 20 str.

Jančar, T., Kraševac, R. 2026. Karta tipov močvirske vegetacije na Cerkniškem jezeru. LIFE Tršča, naloga T.2.1.ii. Notranjski regijski park, Cerknica. 38 str.

Karunaratne S., Asaeda T., Yutani K. 2004. Age-specific seasonal storage dynamics of *Phragmites australis* rhizomes: a preliminary study. *Wetlands Ecology and Management*, 12, 5: 343–351, <https://doi.org/10.1007/s11273-004-6245-2>

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)

Keddy, P.A., 2010. Wetland Ecology: Principles and Conservation. Cambridge University Press, New York, 497 pp.

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>

Kołos, A., Banaszuk, P. 2013. Mowing as a tool for wet meadows restoration: Effect of long-term management on species richness and composition of sedge-dominated wetland. Ecological Engineering, 55, 23– 28.

Kołos, A., Banaszuk, P. 2021. How to remove expansive perennial species from sedge-dominated wetlands: results of a long-term experiment in lowland river valleys. Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali, 32, 881–897.

Končalova, H., Pokorný J., Kvet, J. 1988. Root ventilation in *Carex gracilis* Curt.: Diffusion or mass flow? Aquatic Bot., 30, 149–155.

Končalova, H., 1990. Anatomical adaptations to waterlogging in roots of wetland graminoids: limitations and drawbacks. Aquatic Botany, 38, 127-134.

Koppitz, H., Kuhl, H., 2000. To the importance of genetic diversity of *Phragmites australis* in the development of reed stands. *Wetlands Ecology and Management* 8: 403–414, 2000.

Kotorova, I., Leps, J. (1999) Comparative ecology of seedling recruitment in an oligotrophic wet meadow. *Journal of Vegetation Science*, 10, 175–186.

Kotowski, W., Jabłonska, E., Bartoszek, H. 2013. Conservation management in fens: Do large tracked mowers impact functional plant diversity? Biological Conservation, 167, 292–297.

Kotowski, W. in van Diggelen, R. 2004. Light as an environmental filter in fen vegetation. *Journal of Vegetation Science*, 15, 583-594, 2004

Kraševac R. 2024. Analiza vpisa kmetijsko-okoljskih ukrepov na SPA Cerkniško jezero 2006 – 2023. Cerknica

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>

Laanbroek, H.J., 1990. Bacterial cycling of minerals that affect plant growth in waterlogged soils: a review. Aquatic Botany, 38, 109-125.

Lukač G. 1988. Neke značajke strukture sastojina *Solidago gigantea* i *Helianthus tuberosus* i njihove ornitocenozne u sjeverozapadnoj Hrvatskoj. *Acta Botanica Croatica*, 47, 63–75.

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>

Mauchamp, A., Blanch, S., Grillas, P., 2001. Effects of submergence on the growth of *Phragmites australis* seedlings. *Aquatic Botany*, 69, 147–164.

- Middleton, B.A., Holsten, B., van Diggelen, R., 2006. Biodiversity management of fens and fen meadows by grazing, cutting and burning. *Applied Vegetation Science*, 9, 307–316.
- Milberg P., Talle M., Fogelfors H., Westerberg L. 2017. The biodiversity cost of reducing management intensity in species-rich grasslands: mowing annually vs. every third year. *Basic and Applied Ecology*, 22, 61–74.
- Moog, D., Kahmen, S., Poschold, P., (2005) Application of CSR- and LHS strategies for the distinction of different managed grasslands. *Basic and Applied Ecology*, 6, 133–143.
- 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>
- Mulkeen, C., Williams, C., Gormally, M., Healy, M. 2017. Seasonal patterns of metals and nutrients in *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel in a constructed wetland in the west of Ireland. *Ecological Engineering*, 107, 192–197. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.07.007>
- Müller, J., Rosenthal, G., Uchtmann, H. 1992. Vegetationsveränderungen und Ökologie nordwestdeutscher Feuchtgrünlandbrachen. *Tuexenia*, 12, 223–244.
- Neuhaus, D., Kuhl, H., Kohl, J.-G., Dorfel, P., Borner, T., 1993. Investigations on the genetic diversity of *Phragmites* stands using genomic fingerprinting. *Aquatic Botany*, 45, 357–364.
- 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>
- Ojdanič, N., Gaberščik, A., Zelnik, I., Golob, A. 2025a. The impact of environmental variables on reed stands of the intermittent Lake Cerknica, Slovenia [Elektronski vir] : 40 years of change. *Ecological indicators*, 170, 113101. [10.1016/j.ecolind.2025.113101](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2025.113101)
- Ojdanič, N., Germ, M., Holcar, M., Zelnik, I., Golob, A. 2025b. Vpliv košnje na trstišča Cerkniškega jezera. V: Gaberščik, A. (ur.). *Presihajoče jezero: monografija o Cerkniškem jezeru*. 1. izd. Ljubljana: Založba Univerze, str. 204–217. ISBN 978-961-297-717-7.
- Peach M., Zedler J.B. 2006. How tussocks structure sedge meadow vegetation. *Wetlands*, 26, 322–335.
- Pickett, S.T.A. 1991. Long-term studies: past experience and recommendations for the future. In: Risser, P.G. (eds.) *Long-term ecological research. An international perspective*, pp. 71–88. John Wiley & Sons, Chichester.
- Poschold P., Biewer H. 2005. Diaspore and gap availability are limiting species richness in wet meadows. *Folia Geobotanica*, 40, 13–44.

- 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>
- Rosenthal, 2010. Secondary succession in a fallow central European wet grassland. *Flora* 205, 2010, 153–160.
- Salhani N., Stengel E. 2001. A comparative study of the gas exchange potential between three wetland species using sulfur hexafluoride as a tracer. *Ecological Engineering*, 18, 15–22.
- Shuai, W., Chen, N., Li, B., Zhou, D., Gao, J. 2016. Life cycle assessment of common reed (*Phragmites australis* (Cav) Trin. ex Steud) cellulosic bioethanol in Jiangsu Province, China. *Biomass Bioenergy*, 92, 40–47. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.06.002>
- Sorrell, B.K., Boon P.I. 1994. Convective gas flow in *Eleocharis sphacelata* R. Br.: methane transport and release from wetlands. *Aquatic Botany*, 47, 197–212.
- Sorrell, B.K., Brix, H., Schierup, H.-H., Lorenzen, B., 1996. Die-back of *Phragmites australis*: influence on the distribution and rate of sediment methanogenesis. *Biogeochemistry*, 36, 173–188.
- Stančić, Z. 2010. Marshland vegetation of the class Phragmito-Magnocaricetea in northwest Croatia (Krapina river valley). *Biologia*, 65(1), 39—53. 2010 DOI: 10.2478/s11756-009-0232-2
- Striker, G.G., 2023. An overview of oxygen transport in plants: diffusion and convection. *Plant Biology*, . doi:10.1111/plb.13558
- Swearingen, J., Saltonstall, K. 2010. *Phragmites* field guide: Distinguishing native and exotic forms of common reed (*Phragmites australis*) in the United States. National Park Service (NPS) Plant Conservation Alliance, Weeds Gone Wild.
- Šumberová K. (2011a): *Phragmitetum australis* Savič 1926. – In: Chytrý M. (ed.), *Vegetation of the Czech Republic 3. Aquatic and wetland vegetation*, p. 405–409, Academia, Praha.
- Šumberová K. (2011b): *Caricetum gracilis* Savič 1926. – In: Chytrý M. (ed.), *Vegetation of the Czech Republic 3. Aquatic and wetland vegetation*, p. 561–565, Academia, Praha.
- Šumberová K. (2011c): *Schoenoplectetum lacustris* Chouard 1924. – In: Chytrý M. (ed.), *Vegetation of the Czech Republic 3. Aquatic and wetland vegetation*, p. 394–397, Academia, Praha.
- Tilman, D. 1987. Secondary succession and the pattern of dominance along experimental nutrient gradients. *Ecol. Monographs*, 57, 189–214.
- 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>
- Toth, V.R., Szabo, K. 2012. Morphometric structural analysis of *Phragmites australis* stands in Lake Balaton. *International Journal of Limnology*, 48, 241–251. <https://doi.org/10.1051/limn/2012015>
- Tshapa, L., Naidoo, K., Naidoo, G., (2021) Morphological and physiological responses of *Arundo donax* and *Phragmites australis* to waterlogging stress. *Flora*, 279, 151816. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2021.151816>

- 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.
- Valkama, E., Lyytinen, S., Koricheva, J., 2008. The impact of reed management on wildlife: a meta-analytical review of European studies. *Biological Conservation*, 141, 364–374.
- Valko, O., Torok, P., Matus, G., Tothmeresz, B., 2012. Is regular mowing the most appropriate and cost-effective management maintaining diversity and biomass of target forbs in mountain hay meadows? *Flora*, 207, 303–309.
- van der Nat, F.J.W.A., Middelburg, J.J. et al. 1998. Diel methane emission patterns from *Scirpus lacustris* and *Phragmites australis*. *Biogeochemistry*, 41, 1–22.
- van der Putten, W.H. 1997. Die-back of *Phragmites australis* in European wetlands: an overview of the European Research Programme on Reed Die-back and Progression. *Aquatic Botany*, 59, 263–275.
- Van Eck, W.H.J.M., Lenssen, J.P.M., van de steeg, H.M., Blom, C.W.P.M. & de Kroon, H. (2006) Seasonal dependent effects of flooding on plant species survival and zonation: a comparative study of 10 terrestrial grassland species. *Hydrobiologia*, 565, 59–69.
- Wassen, M.J., et al. 2006. Eco-hydrological functioning of the Biebrza wetlands: lessons for the conservation and restoration of deteriorated wetlands. *Wetlands Functioning, Biodiversity Conservation and Restoration* (eds R. Bobbink, R., Beltman, J.T.A. Verhoeven & D. Whigham), pp: 285–310. Springer Berlin, Germany.
- 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>
- Zelnik, I., Golob, A., Germ, M., Ojdanič, N. 2026. Strokovno poročilo o delu na projektu LIFE Tršca v letu 2025 - Eksperimentalni poligoni. LIFE Tršca, WP 2.1.iii. UL BF, Ljubljana, 15 str