

Botanický výskum ako modelový prostriedok klimatickej komunikácie na regionálnej úrovni

Motto: „Je paradoxom, že jedným z najlepších dôkazov, že informácie nedokážu zmeniť postoj ľudí, je skutočnosť, že hovorcovia z radov vedcov i naďalej ignorujú veľké množstvo výskumov, ktoré dokazujú práve to, že samotné informácie postoj ľudí zmeniť nedokážu.“

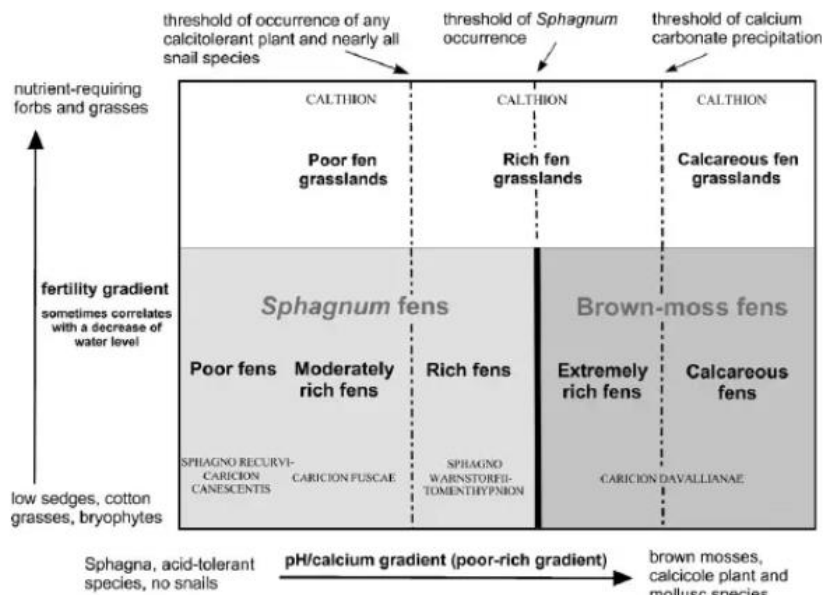
G. Marshall (Ani na to nemyslete. Proč náš mozek ignoruje klimatickou změnu, Vyd. Host, 2022, str. 174.)

Anotácia: Slatiny s vysokým obsahom báz patria k najohrozenejším ekosystémom Európy. Ich rapidný plošný úbytok spôsobilo najmä veľkoplošné odvodňovanie, eutrofizácia a zmena tradičného spôsobu obhospodarovania. Zmena klímy akútne ohrozuje krehkú stabilitu slatinných spoločenstiev, ktoré práve extrémne podmienky hydroekologického režimu chránia pred konkurenciou všestrannejšie adaptovaných rastlín. Tému výskumu slatiny v kontexte zmeny klímy sme zvolili z dôvodu, že sa v jej interpretácii harmonicky zhoduje vedecká predikcia riešenia aj tradičné posolstvo starostlivosti o prírodné hodnoty krajiny ľudí, ktorí na nej boli priamo existenčne závislí. Extenzívne kosenie tlmí silné sukcesné procesy, ktoré spôsobujú degradáciu vzácnych rastlinných spoločenstiev v súčasných meniacich sa klimatických podmienkach. Vegetácia spoľahlivo odráža dlhodobý vývoj prírodného prostredia. Veda a racionálny prístup na základe skúmania hydrodynamiky slatín (geologické a geomorfologické charakteristiky podmieňujúce hydrologický systém) a ich vnútorných ekologických procesov (napr. kolobeh živín) dokáže navrhnúť efektívne stratégie z hľadiska ich ďalšej udržateľnosti. Kľúčovým bodom klimatickej komunikácie v podmienkach múzea je forma prezentácie vedeckých poznatkov a spôsob ako sa vzťahuje k hodnotovým rámcom cieľovej skupiny. Zvolená výstavná forma má možnosť prostredníctvom príbehu jednej slatiny z regiónu naštartovať snahu o obnovu zdravia a rozmanitosti vidieckej krajiny. Pestrofarebná rozkvitnutá slatinná lúka je totiž úžasné miesto, výsledok umenia našich predkov žiť v súlade s prírodnými zákonmi. Je to priestor s vysokou biodiverzitou, ktoré sa oplatí zachovať, nielen ako zdroj vody vo vysušenej krajine, ale aj z dôvodu, že na nej žije plejáda unikátnych rastlinných a živočíšnych bojovníkov. Odvíja sa na ňom príbeh ľudskej spolupráce na spoločnom ciele obnovy narušených vzťahov v prírode.

Úvod

Vegetácia odráža dlhodobý vývoj prírodných podmienok. Svojím charakterom a druhovým zložením indikuje aj inak ťažko merateľné antagonistické alebo synergické vplyvy rôznych environmentálnych faktorov (Hájek et al. 2006). Klimatická kríza je dôsledkom narušenia stabilizačných väzieb v planetárnom ekosystéme s množstvom vzťahov s rôznou intenzitou, často kaskádovitým efektom a vzájomným pôsobením viacerých biotických, abiotických a antropogénnych zložiek. Pochopenie tejto prepojenosti je náročný proces, predpokladajúci minimálne vedomosti zo základov ekológie. Slatina s vysokým obsahom báz predstavuje špecifický typ rašeliniska, hydricky podmienený biotop. Tento špecifický ekosystém, komplex vegetácie a abiotických podmienok, sme využili ako model, ktorý má priblížiť niektoré dôležité princípy fungovania jednotlivých zložiek ekosystému a ilustrovať dôsledky antropogénnych zásahov do toku energie a kolobehu látok v prírode. Modelovou plochou

pre potreby tohto príspevku sa stala konkrétna slatina s vysokým obsahom báz v lokalite Pod Vraninami, neďaleko obce Rajecká Lesná na strednom Slovensku. Z fytoocenologického hľadiska zaradujeme vybrané prítomné rastlinné spoločenstvo slatín s vysokým obsahom uhličitanov do zväzu *Caricion davallianae* Klika 1934 a asociácie *Caricetum davallianae* Dutoit 1924. Vegetačný a floristický výskum na lokalite prebieha od roku 2020 (Kicková 2023).



Obr. Č. 1: Vzťahy medzi viacerými typmi rašelinísk a gradientmi úrodnosti od chudobných k bohatým spoločenstvám. Syntaxonomický systém a hlavné funkčné a štrukturálne hranice v týchto rašeliniskách (prebraté z Hájek et al. 2006).

Vedecké východiská

Vápnité slatiny predstavujú nestabilný systém. Vápnité slatiny podliehajú autogénnej sukcesii smerom k prechodným rašeliniskám a v priebehu holocénu často zarastali slatinnými lesmi (Hájková et al. 2012). Väčšina súčasných vápnitých slatín vznikla posledných 2500 rokov, vo Vnútorých Západných Karpatoch sa zachovalo aj niekoľko starších so vzácnou reliktnou flórou (Hájková et al. 2015). Typická vegetácia zväzu *Caricion davallianae* v Západných Karpatoch je relatívne mladá, druhy ako *Carex davallianae* a *C. hostiana* sa pravdepodobne hojnejšie rozšírili až po valašskej kolonizácii (Hájková et al. 2015). Existencia slatinného rastlinného spoločenstva je v prvom rade podmienená vysokou hladinou spodnej vody. Dobrý stav slatiny závisí od množstva a ustálenosti zásobovania podzemnou vodou. Vodný režim lokality ovplyvňuje geomorfológia, stav okolitej krajiny, klimatické charakteristiky a v neposlednom rade ľudské zásahy. Základom na pochopenie reakcie rastlín na zmenu klímy sú však v prípade slatinných druhov ako azonálneho typu vegetácie regeneračné vlastnosti druhov, ktoré odpovedajú miestnym edafickým podmienkam (Fernández-Pascual et al. 2015). Hladina podzemnej vody je zvyčajne vysoká a dostupnosť živín pre rastliny nízka kvôli nízkej rýchlosti rozkladu a častému zrážaniu vápnika na uhličitan, ktoré prispievajú k imobilizácii fosforu (Rozbrojová & Hájek 2008, Hájek et al. 2020). Týmto sa stávajú podmienky prostredia pre bežne rozšírené a konkurenčne silné druhy rastlín veľmi stresujúce. Slatiní špecialisti tým získavajú pre seba biotop, kde sa nešpecializovaným rastlinám nedarí preživať. Zmena klímy akútne ohrozuje krehkú stabilitu

slatinných spoločenstiev, ktoré práve extrémne podmienky hydroekologického režimu chránia pred konkurenciou generalistov. V prípade, ak sú abiotické podmienky determinované stabilným a silným prítokom podzemnej vody, má to za následok nízku dostupnosť kyslíka, nízku mikrobiálnu aktivitu a nízku rýchlosť rozkladu vegetačného odpadu za vzniku špecifického substrátu – slatinnej rašeliny. Aj malé zmeny hydrologických podmienok môžu spustiť zmeny vo vegetácii veľkého rozsahu (Klimkowska et al. 2010). Výsledky výskumov ukazujú, že zníženie hladiny podzemnej vody zvyšuje koncentrácie dusíka, fosforu a draslíka v presychávajúcej rašeline a tým sa dostávajú do výhody mezofilnejšie byliny a najmä dreviny, ktoré prerastú a zatienia zväčša drobných slatinných špecialistov ako je *Primula farinosa*, *Carex sp. div.*, *Eriophorum sp.*, *Pinguicula vulgaris* alebo špecializované slatinné machorasty. Napríklad dlhoročný výskum na 30 vápnitých slatinách na Slovensku a v Poľsku, ktorý uskutočnili Hájek et al. (2020), zaznamenal zmenu v zložení vegetácie smerom k trávnatým porastom a krovinatým porastom. Na takúto sukcesiu boli náchylnejšie slatiny, ktoré mali podmienky menej extrémne a ktoré neboli obhospodarované alebo len občas kosené a bolo pritom zistené synergické pôsobenie týchto faktorov. Väčšina slatín sa v minulosti využívala na poľnohospodárske účely ako kosné lúky. Pravidelné extenzívne kosenie potláčalo dominantnejšie druhy tráv a drevín, podporovalo výskyt mnohých vzácných rastlín, ktoré boli viazané len na ne. Príliš intenzívne hospodárenie na slatinných lúkach spojené s hnojením alebo naopak úplná absencia starostlivosti vedú k postupným zmenám v druhovom zložení a vymiznutí vzácných druhov rastlín (Lepš 2009). V súčasnosti v dôsledku plošného odvodňovania, eutrofizácie a zániku tradičného extenzívneho poľnohospodárstva patria slatiny s vysokým obsahom báz k 10% najohrozenejších biotopov Európy. Stali sa prioritným biotopom pre ochranu, pretože majú vysokú biodiverzitu a rastie na nich veľký počet ohrozených druhov špecificky adaptovanej flóry, ktoré zánikom slatín môžu vyhynúť.

Faktory podporujúce stabilitu vápenatých slatín v meniacom sa svete



Obr. č. 2: Faktory podporujúce stabilitu vápenatých slatín v meniacom sa svete. Znižujúca extrémnosť abiotických podmienok spúšťa sukcesiu smerom od ostricovo machových slatinných špecialistov k trávinatej vegetácii a krovinám. Abiotické podmienky predstavuje obsah uhličitanu vápenatého, výška hladiny spodnej vody, neprístupnosť živín a manažment, ktorý kompenzuje stratu vysokej extrémnosti podmienok (prevzaté z Hájek et al. 2020)

Poznanie dynamiky slatín a ich vnútorných ekologických procesov dokáže zlepšiť predpovede o ich budúcej stabilite a navrhnúť efektívne stratégie z hľadiska dlhodobšieho zachovania. Ekosystémy rašelinísk sú charakterizované kvázi stabilnými rovnovážnymi stavmi, ktoré sú na určitej úrovni odolné voči disturbanciám, ale posun do nových stavov sprevádza drastická zmeny v zložení spoločenstiev, k poklesu početnosti až zániku živočíšnych a rastlinných slatinných špecialistov (Hájek et al. 2006, Jabłońska et al. 2014). Malé slatinné systémy podporované malým lokálnym hydrologickým systémom sú oveľa viac citlivé na odvodnenie ako tie rozsiahle (Jabłońska et al. 2014). V našom modelovom prípade plošne nevelkej vápnitej slatiny Pod Vraninami v Rajeckej kotline predpokladáme, že kvôli poklesu hladiny spodnej vody a zvýšeniu dostupnosti živín v pôde slatina postupne prechádza do viac menej stabilného štádia so spodnou vegetačnou vrstvou zloženou z kalcitolerantných machorastov a bylinnej vrstve zloženej prevažne z expanzívnych tráv (*Molinia caerulea*, *Phragmites australis*). Pre zachovanie biotopu tejto prípotočnej slatiny je preto nevyhnutné zabezpečiť intenzívnejšie riadenie ochrany (pravidelný ochranný manažment vo forme kosenia) v súlade s Hájek et al. (2020). V prípade slatín je kosenie vhodnejší prostriedok manažmentu ako pastva. Kosenie vedie k odstraňovaniu živín z plochy, znižuje dominantnosť krovín, vysokých bylín a tráv, zvyšuje dostupnosť svetla aj pre konkurenčne slabšie druhy a tým zvyšuje druhovú bohatosť porastu (Klimkowska et al. 2010).

Slatiny vo vzťahu k zmene klímy

Otepľovanie klímy a súvisiace zmeny životného prostredia vedú k posunom v zložení a miestnemu vymieraniu v rôznych ekosystémoch. Druhy úzko spojené so vzácnymi ostrovnými biotopmi, ako sú pramenité slatiny závislé od podzemnej vody, môžu byť týmito zmenami vážne ohrozené v dôsledku obmedzenej možnosti rozptylu a narušenej metapopulačnej dynamiky (Horsák et al. 2018). V súčasnej poľnohospodárskej krajine sú vápnite slatiny rozptýlené len ostrovčekovito, stráca sa tak možnosť rekolonizácie. Zachovanie miestne stabilných environmentálnych podmienok je preto kľúčové pre zaručenie budúceho prežitia vápenatých slatín a ich bioty (Hájek et al. 2020). Ohrozené otepľovaním klímy sú najmä chladnomilné druhy. V tomto prípade sú ovplyvňované teplotou vody/substrátu viac ako teplotou vzduchu (Horsák et al. 2018). Pre rastliny je teplota koreňovej zóny hlavný determinant ekofyziológie rastlín (Fernández-Pascual et al. 2015). Dôležité je preto sledovať miestne parametre hydrologického režimu. V rámci botanického výskumu Považského múzea od roku 2024 sledujeme hydrologické parametre na lokalite Pod Vraninami (Kicková nepubl.). Rašelina a podzemná voda pôsobí na slatinách na teplotu pôdy ako tepelný tlmič vysokých alebo nízkych teplôt počas roka, čo podporuje odolnosť voči otepľovaniu klímy. Zmeny rozloženia a výdatnosti zrážok sú pravdepodobne hlavnou hrozbou udržateľnosti slatinných ekosystémov (Fernández-Pascual et al. 2015). Slatiné druhy sa prispôbili nestabilnému abiotickému prostrediu širokou nikou klíčivosti semien. Táto variabilita tiež môže prispieť k pretrvávaniu slatinných druhov napriek otepľovaniu klímy (Fernández-Pascual et al. 2015). Z tohto dôvodu je dôležité zachovať druhovú pestrosť slatinných špecialistov na každej konkrétnej lokalite.

Rašeliniská hrajú významnú úlohu v globálnom cykle uhlíka, fungujú ako zásobáreň uhlíka fixovaného z atmosférického oxidu uhličitého uloženého v nerozloženej rašeline. Súčasne sú zdrojom metánu, ktorý vzniká vo vodou nasýtených vrstvách rašeline (Antala et al. 2022).

Oba tieto plyny patria medzi skleníkové plyny, ktorých koncentrácia v atmosfére ovplyvňuje teplotu na Zemi. Napriek tomu, že pokrývajú len 3 % zemského povrchu, udáva sa, že zadržiavajú takmer 30 % všetkého pôdneho uhlíka. Len samotná Európa zadržiava v rašeliniskách päťkrát viac uhlíka ako lesy. Pri vysušovaní, odvodňovaní, alebo spracovávaní rašeliny sa pôsobením vzduchu spätne zvyšuje koncentrácia oxidu uhličitého a tým prispieva k zhoršovaniu následkov skleníkového efektu. Pokles hladiny vody a jej rozkolísanie vplyvom odvodnenia je nasledované zvýšenou rýchlosťou rozkladu nahromadenej rašeliny vystavenej aeróbnym procesom. Dochádza ku zmenám fyzikálnej štruktúry rašeliny, ktorá usadá, stráca pórovitosť a s tým schopnosť zadržiavať veľké množstvo vody. Schopnosť slatín akumulovať uhlík je tým významne narušená a v podstate nevznikajú nové vrstvy (Antala et al. 2022). V dôsledku klesajúcich zrážok a zvyšujúcej sa evapotranspirácie slatiny priamo závisia od úrovne zachovania stávajúcich hydrologických procesov v krajine. Prebiehajúca zmena klímy mení uhlíkovú rovnováhu a ohrozuje špecializovanú vegetáciu týchto zraniteľných ekosystémov. Táto situácia komplikuje predpovede ukladania uhlíka vo vápenatých slatinách (Singh et al. 2023).

Záver

Klimatická kríza je dôsledkom narušenia väzieb v globálnych cykloch a zahŕňa okrem krízy vyvolanej extrémnym využívaním fosílnych palív aj environmentálnu a hodnotovú civilizačnú krízu. Vegetácia slatín v reálnom čase odráža meniace sa klimatické charakteristiky v lokálnom meradle. Zviditeľňuje sa tak možnosť, cez popularizačné múzejné prostriedky, prezentovať širokej verejnosti jav globálnej zmeny klímy, ktorý má stále tendenciu unikáť z bežnej perspektívy občianskeho každodenného vnímania do abstraktného rámca budúcich (a teda nenaliehavých) dejov. Botanický výskum má v tomto prípade úlohu identifikovať hlavné faktory spôsobujúce degradáciu konkrétnej slatiny v poľnohospodárskej krajine a hľadať spôsoby jej záchrany. Rozmanitosť všeobecne zvyšuje stabilitu. Strata rozmanitosti vegetácie sa deje v krajine, ktorej stabilitu výrazne narušil v posledných sto rokoch človek „melioráciami“, odvodňovaním a stratou jej schopnosti zadržiavať vodu. Aktuálne negatívne zmeny v zložení mokradnej vegetácie podnietila eutrofizácia a zmena spôsobu využívania krajiny. Teória systémov, komplexity a kybernetiky predikuje, že zdanlivo veľmi stabilné systémy môžu pri relatívne malom narušení prechádzať prudkými a rozsiahlymi zmenami. Globálna zmena klímy nepredstavuje malé narušenie.

Múzeá ako pluralitné odborné platformy by mali otvárať klimatickú komunikáciu naprieč celým spektrom ich záujmových oblastí, pretože zmena klímy nie je len problémom životného prostredia. Pripravovaná výstava o slatinách v okolí Žiliny sa pokúša zohľadňovať princípy efektívnej klimatickej komunikácie, v jednej úzko profilovanej téme.

Květa Kicková, Považské múzeum

Použitá literatúra:

1. Antala, M., Juszczak, R., van der Tol, CH., Rastogi, A. 2022. Impact of climate change-induced alterations in peatland vegetation phenology and composition on carbon balance. *Science of the Total Environment*, vol. 827. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154294>.

2. Fernández-Pascual, E., Jiménez-Alfaro, B., Hájek, M. et al. 2015. Soil thermal buffer and regeneration niche may favour calcareous fen resilience to climate change. *Folia Geobot* 50, Pp. 293–301. <https://doi.org/10.1007/s12224-015-9223-y>
3. Hájek, M., Horsák, M., Hájková P., Dítě D. 2006. Habitat diversity of central European fens in relation to environmental gradients and an effort to standardise fen terminology in ecological studies. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 8, Pp. 97–114
4. Hájek, M., Horsáková, V., Hájková, P., Coufal, R., Dítě, D., Němec, T., Horsák, M. 2020. Habitat extremity and conservation management stabilise endangered calcareous fens in a changing world. *Science of The Total Environment*, Volume 719, ISSN 0048-9697. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134693>.
5. Hájková, P., Hájek, M., Horsák, M., Jamrichová, E. 2015. Co víme o historii vápnných slatinišť v Západních Karpatech. *Zprávy Čes. Bot. Společ., Praha*, 50: 267-282.
6. Hájková, P., Horsák, M., Hájek, M., Lacina, A., Buchtová, H., Pelánková, B. 2012. Origin and contrasting succession pathways of the Western Carpathian calcareous fens revealed by plant and mollusc macrofossils. *Boreas* 41: 690-706.
7. Horsák, M., Polášková, V., Zhai, M., Bojková, J., Syrovátka, V., Šorfová, V., Schenková, J., Polášek, M., Peterka, T., Hájek, M. 2018. Spring-fen habitat islands in a warming climate: Partitioning the effects of mesoclimate air and water temperature on aquatic and terrestrial biota. *Science of The Total Environment*, Volume 634, Pp. 355-365, ISSN 0048-9697. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.319>.
8. Jabłońska, E., Falkowski, T., Chormański, J., Jarzombkowski, F., Kłosowski, S., Okruszko, T., Pawlikowski, P., Theuerkauf, M., Wassen, M.J., Kotowski, W. 2014. Understanding the Long Term Ecosystem Stability of a Fen Mire by Analyzing Subsurface Geology, Eco-Hydrology and Nutrient Stoichiometry – Case Study of the Rospuda Valley (NE Poland). *Wetlands* 34. Pp. 815–828. DOI 10.1007/s13157-014-0544-z.
9. Kicková, K. 2020. Aktuálne výzvy v prírodovednom vzdelávaní v múzeách. *Múzeum* 2/LXVI. p. 52 – 54.
10. Kicková, K. 2023: Floristická charakteristika mokrade Pod Vraninami v Rajeckej kotline. *Vlastivedný zborník Považia XXXI, Považské múzeum, Žilina*. 175 – 201.
11. Klimkowska, A., Van Diggelen, R., Grootjans, Ab P., Kotowski, W. 2010. Prospects for fen meadow restoration on severely degraded fens. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 12, Pp. 245–255. doi:10.1016/j.ppees.2010.02.004
12. Lepš, J. 2009. Nutrient status, disturbance and competition: An Experimental test of relationships in a wet meadow. *Journal of Vegetation Science*. Volume 10, Issue 2, pp. 219 – 230. <https://doi.org/10.2307/3237143>
13. Marshall, G. 2022. Ani na to nemyslete. Proč náš mozek ignoruje klimatickou změnu. *Host*. Pp. 348, ISBN 978-80-275-1024-5

14. Rozbrojová, Z. & Hájek, M. 2008. Changes in nutrient limitation of spring fen vegetation across environmental gradients in the West Carpathians. *J. Veg. Sci.* 19: 613-620.

15. Singh, P., Jiroušek, M., Hájková, P., Horsák, M., Hájek, M. 2023. The future of carbon storage in calcareous fens depends on the balance between groundwater discharge and air temperature. *CATENA*, Volume 231, ISSN 0341-8162
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107350>.

https://www.biblioteka.sk/encyklopedia/?pojem=Komplexn%C3%BD_adapt%C3%ADvny_syst%C3%A9m&veda=1285

<https://www.eea.europa.eu/en/newsroom/news/europe-is-not-prepared-for>

<https://ekolist.cz/cz/publicistika/priroda/serial-popirani-klimaticke-vedy-dil-1.vznik-klimaticke-vedy>