

**Univerzita Karlova**  
**Přírodovědecká fakulta**

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Biologie



**Barbora Pudlovská**

## **Mikroklimatické poměry v různých typech mokřadní vegetace**

Microclimatic conditions in different types of wetland vegetation

Bakalářská práce

Školitel: doc. RNDr. David Hořák, Ph.D.

Praha, 2025

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 24. 4. 2025

Barbora Pudlovská

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala svému školiteli doc. RNDr. Davidovi Hořákovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, vstřícný přístup během psaní mé bakalářské práce a za ochotu věnovat mi svůj čas a zkušenosti. Také děkuji své rodině a přátelům za jejich podporu a motivaci.

Tato práce vznikla v rámci projektu TAČR s číslem SS06010142, Biologická rozmanitost zarůstajících okrajů rybníků v CHKO Třeboňsko: zhodnocení stavu a návrhy řešení.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se podrobně zabývá mikroklimatickými poměry v různých typech vegetace litorálních mokřadů mírného pásma, s cílem analyzovat, jak vegetační struktura a druhové složení ovlivňují teplotní a vlhkostní režimy v rámci sezónní dynamiky, sukcesních procesů, klimatických změn a antropogenního zatížení. Zaměřuje se na hlavní vegetační typy jako rákosiny, ostřicové porosty, vrbiny a olšiny a jejich schopnost regulovat mikroklimatické podmínky prostřednictvím evapotranspirace, zastínění a změny proudění vzduchu. Výzkum ukazuje, že vegetace s vyšší výškou, hustotou a komplexní strukturou výrazně přispívá ke snižování denních teplotních extrémů, udržování vyšší relativní vlhkosti vzduchu a zajišťování větší mikroklimatické stability. Práce rovněž zdůrazňuje vliv klimatických změn, které prostřednictvím nárůstu teplot a změn srážkového režimu ovlivňují sukcesní dynamiku vegetace a tím zpětně i mikroklimatické poměry mokřadních stanovišť. Významný prostor je věnován analýze vztahu mezi sukcesními stádii a teplotním režimem – ukazuje se, že teplota má zásadní význam při řízení sukcesních trajektorií a zároveň je jimi modifikována. Výsledky poukazují na vzájemně podmíněnou dynamiku mezi vegetací a mikroklimatem, která je zásadní pro stabilitu těchto ekosystémů. V závěru práce jsou diskutovány i dopady antropogenních zásahů – odvodňování, eutrofizace, výstavby nebo invazí nepůvodních druhů – které vedou k narušení mikroklimatické rovnováhy a snižují ekologickou funkčnost mokřadních společenstev. Práce tak přináší ucelený pohled na význam vegetační diverzity nejen z hlediska biodiverzity, ale i jako nezbytný prvek pro udržení klimatické stability v krajině. Získané poznatky mohou být využity při revitalizaci mokřadních biotopů, plánování jejich managementu a při predikci jejich vývoje v kontextu klimatických změn.

## **Klíčová slova**

mokřady, mikroklima, typy vegetace, sezónní variabilita, změna klimatu, ekologická sukcese, antropogenní vlivy

## **Abstract**

This bachelor thesis provides a comprehensive analysis of the microclimatic conditions in different types of vegetation in temperate zone littoral wetlands. It aims to examine how vegetation structure and species composition influence temperature and humidity regimes within the context of seasonal dynamics, successional processes, climate change, and anthropogenic pressures. The study focuses on dominant vegetation types such as reed beds, sedge stands, willow thickets, and alder forests, and their capacity to regulate microclimatic parameters through evapotranspiration, shading, and the modulation of air flow. The findings demonstrate that taller, denser, and structurally complex vegetation significantly contributes to reducing daily temperature extremes, maintaining higher relative air humidity, and enhancing overall microclimatic stability. The thesis further highlights the influence of climate change, which, through rising temperatures and altered precipitation patterns, affects the successional dynamics of vegetation and thereby modifies the microclimatic functioning of wetland habitats. A particular emphasis is placed on the relationship between successional stages and temperature regimes, revealing that temperature plays a crucial role in guiding successional trajectories, while being simultaneously shaped by them. The results underscore the reciprocal dynamic between vegetation and microclimate, which is essential for the ecological resilience of these ecosystems. In its final section, the thesis addresses the impact of anthropogenic disturbances—such as drainage, eutrophication, infrastructure development, and the invasion of non-native species—which often lead to the disruption of microclimatic balance and a decline in the ecological functionality of wetland communities. Overall, the work offers a comprehensive perspective on the significance of vegetation diversity not only in terms of biodiversity but also as a key mechanism for maintaining climatic stability within the landscape. The insights gained may serve as a valuable basis for wetland restoration planning, habitat management, and forecasting ecological developments under ongoing climate change.

## **Keywords**

wetlands, microclimate, vegetation types, seasonal variation, climate change, ecological succession, anthropogenic impact

# Obsah

1	Úvod.....	1
2	Charakteristika temperátních mokřadů z mikroklimatického hlediska .....	3
3	Sezónní proměnlivost .....	5
3.1	Variabilita teplotních podmínek .....	6
3.1.1	Typ vegetace v mokřadu .....	7
3.1.2	Hydrologický režim mokřadu .....	7
3.1.3	Vliv klimatu.....	8
3.2	Různé typy vegetace .....	9
3.2.1	Rákosiny .....	9
3.2.2	Ostřicové porosty.....	10
3.2.3	Porosty orobince .....	10
3.2.4	Vrbiny.....	11
3.2.5	Olšiny .....	12
3.3	Sezónní proměnlivost vlhkostních poměrů .....	13
4	Změna klimatu.....	15
4.1	Vliv vegetace na oteplování lokálního klimatu .....	16
4.1.1	Vliv výšky vegetace na oteplování lokálního klimatu.....	16
4.1.2	Vliv hustoty vegetace na oteplování lokálního klimatu .....	17
5	Sukcese.....	18
5.1	Změna teploty v různých stádiích sukcese .....	18
5.2	Změny mikroklimatu v závislosti na složení druhů vegetace .....	21
6	Dopady antropogenních činností na mikroklima mokřadní vegetace.....	23
7	Závěr .....	25
	Seznam použité literatury.....	26

# 1 Úvod

Mokřadní ekosystémy patří mezi klíčové součásti krajinné struktury mírného pásma, a to nejen z hlediska biodiverzity, ale i díky své schopnosti ovlivňovat mikroklimatické a hydrologické podmínky. Vzhledem k jejich přirozené schopnosti zadržovat vodu, akumulovat uhlík a regulovat teplotní a vlhkostní poměry v krajině, jsou považovány za významný stabilizační prvek v době probíhajících klimatických změn. Přesto jsou litorální mokřady stále častěji vystavovány degradaci v důsledku antropogenní činnosti, jako je odvodňování, výstavba nebo intenzivní hospodaření, což zásadně mění jejich mikroklimatické fungování (Moore et al., 2011).

Mikroklimatické charakteristiky mokřadních stanovišť jsou výsledkem komplexního působení několika faktorů, mezi nimiž hraje vegetační složka zásadní roli. Různé typy vegetace – od rákosin přes ostřicové porosty až po zaplavované vrbiny – vytvářejí specifické mikroprostředí, které ovlivňuje nejen teplotní a vlhkostní režim, ale také výměnu plynů, půdní vlhkost a albedo povrchu. Například husté porosty rákosy obecné (*Phragmites australis*) mohou díky své výšce a pokryvnosti výrazně redukovat přímé sluneční záření dopadající na půdu, čímž snižují denní teplotní amplitudu a udržují vyšší relativní vlhkost vzduchu v porostu. Naopak ostřicová společenstva (*Carex* spp.) s nižší biomasou a otevřenějším habitusem mají tendenci k větší teplotní variabilitě a rychlejšímu vysychání substrátu (Berg et al., 2014).

Tyto rozdíly ve vegetačním pokryvu však nejsou důležité pouze z hlediska jednotlivých druhů, ale i z pohledu prostorového uspořádání vegetace jako celku. Z hlediska mikroklimatických funkcí hraje významnou úlohu i vertikální a horizontální struktura vegetace. Kompaktní, vícevrstevné porosty bývají schopny lépe tlumit výkyvy teploty, zatímco jednodušší a fragmentované porosty ztrácejí tuto regulační schopnost, což má důsledky nejen pro mikroklima samotného stanoviště, ale i pro sousední části krajiny. Vegetace navíc ovlivňuje rychlost evapotranspirace, a tím i teplotu vzduchu a vlhkostní režim v blízkém okolí. Tyto mikroklimatické rozdíly mezi jednotlivými vegetačními typy mohou být dále umocněny sukcesními změnami, kdy dochází ke spontánnímu nebo člověkem podmíněnému přechodu mezi jednotlivými fázemi vegetačního vývoje. Porozumění těmto vazbám je důležité pro predikci změn mikroklimatu v podmínkách klimatické nejistoty a pro efektivní řízení a obnovu mokřadních biotopů.

Téma mikroklimatických poměrů v různých typech mokřadní vegetace jsem si zvolila z několika důvodů. V první řadě mě oslovila složitost a dynamika těchto přechodových biotopů, které představují jedinečný prostor pro sledování interakcí mezi klimatem, vodním režimem a vegetací. Dále je toto téma aktuální i z hlediska širších ekologických souvislostí – změny klimatu mají přímý dopad na strukturu a funkci mokřadů, zatímco samotné mokřady mohou výrazně ovlivňovat mikroklimatické podmínky svého okolí. Studium těchto vztahů je proto nezbytné nejen pro pochopení ekologických procesů v těchto stanovištích, ale i pro návrh účinných opatření k jejich ochraně a obnově (Tóth et al., 2021).

Cílem bakalářské práce je popsat a analyzovat mikroklimatické poměry v litorálních mokřadech mírného pásma se zaměřením na rozdíly v různých typech vegetačního pokryvu. Pozornost je věnována především sezónní proměnlivosti teploty a vlhkosti, vlivu klimatických změn a sukcesní dynamice vegetace, přičemž zvláštní důraz je kladen na to, jak jednotlivé vegetační typy formují mikroklimatické podmínky prostředí. Práce zároveň reflektuje antropogenní vlivy, které mohou mikroklimatické funkce mokřadů výrazně narušit.

## 2 Charakteristika temperátních mokřadů z mikroklimatického hlediska

Při utváření mikroklimatických podmínek v mokřadních ekosystémech hraje nezbytnou roli vegetace. Husté a vysoké porosty, jako například rákos obecný, orobinec širokolistý nebo různé druhy vrb, se vyznačují intenzivní transpirací, tedy výdejem vodní páry z povrchu listů do ovzduší. Tento proces, společně se schopností rostlin stínit půdní povrch, přispívá ke zvýšení relativní vlhkosti vzduchu a současně ke snížení teploty v blízkosti zemského povrchu (Bubier et al., 1995). Evapotranspirační výkon těchto porostů během vegetačního období může přesahovat hodnoty 6 mm za den, což představuje významný chladivý efekt, jenž přispívá k regulaci lokálního klimatu (Tsiouris et al., 2018). Tento efekt je dále umocněn v porostech, které mají vysokou listovou plochu a zároveň kompaktní strukturu omezující proudění vzduchu. Díky tomu se v jejich mikroprostředí udržuje vyšší vlhkost a dochází k menším teplotním výkyvům (Körner a Hiltbrunner, 2018). Vegetační struktura tedy nejen ovlivňuje fyzikální parametry prostředí, ale zároveň vytváří stabilní mikroklimatické podmínky příznivé pro mokřadní biotu.

Mezi hlavní mikroklimatické rysy těchto mokřadů patří právě vyšší relativní vlhkost vzduchu, dále nižší denní teplotní maxima, snížená denní amplituda teplot a specifický režim výparu, který je sezónně proměnlivý (Turetsky et al., 2002; Lafleur et al., 2005). Vlhkostní režim je určován především hladinou podzemní vody, která má zásadní vliv na tepelnou kapacitu substrátu. Mokřadní substrát se ohřívá pomaleji než suchý, což vede ke snižování extrémních teplot během dne a zároveň k pomalejšímu ochlazování v noci (Brinson, 1993). Tato vlastnost je klíčová zejména v letních měsících, kdy vegetační kryt v kombinaci s nasycenou půdou zajišťuje stabilní mikroklimatické prostředí i během vln horka. Rouse et al. (1992) uvádějí, že denní teplotní amplituda ve vlhkém mokřadním substrátu nepřesahuje 6 °C, zatímco v suchých oblastech mimo mokřad dosahuje až 12 °C.

Specifickým rysem mokřadů mírného pásma je rovněž vysoká variabilita mikroklimatických charakteristik v závislosti na typu vegetačního krytu. Například rákosiny nebo porosty vrb dokáží efektivně udržovat půdní i vzdušnou vlhkost a výrazně přispívají k ochlazování prostředí během teplých období. Naopak nízké a řídké porosty, jako jsou ostřice po seči, mají omezenou evapotranspirační kapacitu a vykazují podstatně vyšší teplotní a vlhkostní výkyvy (Zhang et al., 2020). Vegetační pokryv tak zásadním způsobem ovlivňuje mikroklimatické poměry a zároveň podmiňuje schopnost mokřadních společenstev tlumit dopady extrémních klimatických jevů, jako jsou vlny horka či období sucha (Larcher, 2003).



**Obrázek 1.** Mokřad s porosty rákosin, ostřic a orobince (zdroj: Fialová, 2024)

### 3 Sezónní proměnlivost

Litorální mokřady mírného pásma jsou dynamickými ekosystémy, jejichž mikroklimatické podmínky – především teplota a vlhkost – se během roku výrazně mění. Tyto sezónní změny jsou ovlivněny jednak klimatickými faktory, jako je množství sluneční radiace, srážky nebo proudění vzduchu, ale také typem a strukturou vegetace, která v dané lokalitě převládá (Geiger et al., 2009). Mikroklima se tak může výrazně lišit mezi jednotlivými částmi mokřadu v závislosti na vegetačním pokryvu a fenologickém stavu porostů. Sezónní změny mají zásadní vliv na mikroklimatické podmínky mokřadních ekosystémů, přičemž se významně promítají do teploty vzduchu, půdy i vodní hladiny. V jarním a letním období dochází ke zvýšení solární radiace a teplot vzduchu, což stimuluje růst vegetace a zvyšuje evapotranspirační aktivitu.

Změny ve srážkovém režimu, zejména zvýšená frekvence extrémních letních srážek a prodlužující se období beze srážek, výrazně ovlivňují sezónní dynamiku mikroklimatu v litorálních mokřadech. Studie Dušek et al. (2017), která analyzovala dlouhodobý vývoj srážek v českých mokřadních ekosystémech, prokázala zřetelný nárůst četnosti extrémních srážkových událostí od 80. let 20. století. Tyto události mají přímý dopad na vlhkost vzduchu a půdy – krátce po přívalových deštích dochází ke zvýšení relativní vlhkosti vzduchu až o 15–25 % a ke snížení denní teplotní amplitudy o 2–4 °C (Dušek et al., 2017; Turetsky et al., 2002). Rozdíly v reakci vegetačních typů jsou však výrazné a odvíjí se zejména od výšky porostu, jeho zapojenosti a schopnosti retence vody.

Vysoké a husté porosty, jako jsou rákosiny, porosty orobince či vrbiny vykazují po srážkách výrazně vyšší schopnost zadržet vodu v nadzemní biomase i půdě. Díky tomu zůstává mikroklima těchto porostů stabilnější i po odeznění dešťových epizod – relativní vlhkost v porostu se po srážkách udržuje zvýšená po dobu několika dní a teplotní výkyvy jsou tlumené (Chimner & Cooper, 2006). Naopak nízké vegetační typy, jako jsou ostřicové porosty po seči nebo fragmentované porosty na degradovaných plochách, reagují na srážkové extrémy rychlými změnami – substrát se sice po dešti krátkodobě nasytí, ale vlhkost vzduchu i půdy následně rychle klesá kvůli nižší schopnosti zastínění a omezené evapotranspiraci (Zhang et al., 2020). Během suchých období se navíc odkrytý substrát v těchto typech porostů přehřívá až o 5–7 °C více než v hustých porostech (Berg et al., 2014).

Rozdíly v reakci vegetačních typů na proměnlivý srážkový režim tak zásadně ovlivňují sezónní vývoj mikroklimatických podmínek v mokřadech. Vegetace, která je schopna zpomalit výpar, akumulovat vlhkost a stínit substrát, lépe tlumí extrémy spojené s výkyvy v dostupnosti vody, zatímco nízké, přerušované či degradované porosty reagují výrazně dynamičtěji – a tedy méně stabilizačně – ve vztahu k lokálnímu mikroklimatu.

Oproti rašeliništním ekosystémům, kde hrají výraznější roli mechorosty a lišejníky, jsou v litorálních mokřadech střední Evropy typické především porosty ostřic, rákosu, vrb a orobince, které svými fyziologickými vlastnostmi a strukturou zásadně ovlivňují mikroklimatické poměry prostředí

(Zedler, 2003; Körner & Hiltbrunner, 2018). Například rákosiny mohou v letním období snížit denní teplotu u povrchu půdy až o 5–7 °C oproti okolním otevřeným plochám, a zároveň zvýšit relativní vzdušnou vlhkost o 10–20 % (Larcher, 2003). Vegetační pokryv rovněž redukuje denní teplotní amplitudu. U hustých porostů orobince širokolistého (*Typha latifolia*) může rozdíl mezi denní a noční teplotou činit jen 6–8 °C, zatímco na nezastíněném substrátu přesahuje 12 °C (Berg et al., 2014).

V letních měsících vytváří plně vyvinutá vegetace zastíněné mikroprostředí s vyšší vzdušnou vlhkostí a nižšími teplotami u povrchu půdy, což zajišťuje stabilnější mikroklimatické podmínky. Intenzivní evapotranspirace přispívá ke snižování teploty okolního prostředí – podle Turetské et al. (2002) a Lafleura et al. (2005) může být teplota vzduchu ve vegetačně zapojených mokřadech o 3–6 °C nižší než v nezarostlých oblastech. Vegetace zároveň částečně zastíní povrch půdy, čímž dochází k omezení jejího přímého ohřevu. Například u porostů rákosu obecného a orobince širokolistého byl naměřen pokles teploty povrchové vrstvy substrátu až o 7–8 °C oproti otevřeným plochám (Berg et al., 2014). Naopak v zimním období, kdy dochází k ústupu nadzemní biomasy, je prostředí více vystaveno přímému slunečnímu záření během dne a intenzivnějšímu radiačnímu ochlazení v noci, což může vést k větší teplotní variabilitě (amplitudy běžně přesahují 15 °C).

Na podzim a v zimě dochází k útlumu vegetace a poklesu evapotranspirace, což vede ke snížení chladičského efektu rostlin. Povrch půdy je tak více vystaven přímému slunečnímu záření přes den a rychleji se ochlazuje v noci. V nepřítomnosti aktivní vegetace mohou denní teplotní výkyvy vzrůst z letních 4–6 °C až na 10–14 °C v zimním období (Bubier et al., 1995; Kurbatova et al., 2008). Zároveň se v zimě zvyšuje akumulace tepla v půdním profilu během slunečných dnů, protože vegetační pokryv již nebrání dopadu záření na povrch (Mitsch & Gosselink, 2015).

Hydrologický režim je rovněž sezónně proměnlivý. Na jaře dochází v mnoha oblastech mírného pásma k tání sněhu, které může významně zvýšit hladinu vody a tím i tepelnou kapacitu mokřadu. Vyšší hladina vody potlačuje extrémní výkyvy teplot, a to jak u povrchu, tak i v nižších vrstvách substrátu (Rouse et al., 1992). Naproti tomu v létě, zejména při suchých epizodách, může hladina vody výrazně klesnout. S tím souvisí vyšší ohřev půdy, nižší vlhkost vzduchu a zesílení denních teplotních rozdílů. Výzkumy ukazují, že při letním poklesu vodní hladiny dochází k nárůstu maximálních denních teplot vzduchu v blízkosti povrchu o 4–5 °C oproti jarním hodnotám (Moore et al., 2011; Brinson, 1993).

### **3.1 Variabilita teplotních podmínek**

Pro pochopení mikroklimatického režimu je podstatné sledovat vliv vegetační struktury během sezón (Mitsch & Gosselink, 2015). K hlavním faktorům ovlivňujícím teplotní podmínky patří druhová skladba vegetace, hydrologický režim, sezónní proměnlivost a aktuální klimatické podmínky.

### 3.1.1 Typ vegetace v mokřadu

Různorodost vegetačního krytu je stěžejní v utváření mikroklimatu mokřadních ekosystémů. Porosty stromů, například olšiny (*Alnus* spp.) či vrbiny (*Salix* spp.), poskytují výrazné zastínění, které vede ke snížení denní teploty vzduchu až o 4–6 °C a půdy až o 7 °C v porovnání s otevřenými plochami (Bubier et al., 1995). Tento efekt je výsledkem snížené expozice slunečnímu záření a zvýšené evapotranspirace, která přispívá k ochlazování okolního prostředí (Chapin et al., 2002).

Naopak mokřadní louky či otevřená rašeliniště s nižší a řidší vegetací, jako jsou společenstva ostřic nebo rašeliničů (*Sphagnum* spp.), propouštějí více slunečního záření k povrchu, což může vést ke zvýšení denní teploty až o 8–10 °C oproti zastíněným lokalitám, zejména při nízké půdní vlhkosti (Turetsky et al., 2002). V obdobích sucha navíc dochází ke snížení evapotranspirační kapacity, což dále podporuje přehřívání povrchu.

Struktura a výška vegetace mají také přímý vliv na proudění vzduchu. Husté porosty rákosu obecného nebo orobince širokolistého zpomalují větrné proudění, čímž snižují rychlost výměny vzduchu, podporují akumulaci vzdušné vlhkosti (nárůst o 15–25 % oproti otevřeným lokalitám) a stabilizují denní teplotní amplitudy, které se zde pohybují mezi 5–8 °C (Brinson, 1993; Mitsch & Gosselink, 2015). Oproti tomu v otevřenějších porostech s nízkým pokryvem může amplituda přesahovat 12 °C (Berg et al., 2014).

### 3.1.2 Hydrologický režim mokřadu

Na mikroklimatické podmínky v mokřadním ekosystému má zásadní vliv hydrologický režim, tedy dynamika vody. Vysoká hladina podzemní nebo povrchové vody zvyšuje tepelnou kapacitu prostředí, což zpomaluje denní ohřev a noční ochlazování substrátu. Tím dochází k mírnění teplotních extrémů – například podle studií Rouse et al. (1992) a Bubier et al. (1995) se denní teplotní amplituda na mokřých stanovištích pohybuje mezi 4–6 °C, zatímco na vysušených lokalitách může přesáhnout 10–12 °C. Vlhké substráty s vysokou vodní kapacitou navíc udržují během dne nižší povrchové teploty o 3–5 °C ve srovnání se suchými plochami (Brinson, 1993).

Pokles hladiny vody, ať už v důsledku sucha, klimatických výkyvů nebo antropogenních zásahů (např. odvodnění, regulace vodních toků či nadměrné odběry podzemní vody), má zásadní dopad na mikroklimatické fungování mokřadních stanovišť. Jedním z hlavních důsledků je významné snížení schopnosti mokřadního substrátu akumulovat a udržet teplo. Nasycený půdní profil má vysokou tepelnou kapacitu, což znamená, že se ohřívá pomalu a zároveň efektivně tlumí výkyvy teplot mezi dnem a nocí. V momentě, kdy dojde ke snížení vodní hladiny a půda začne vysychat, tento efekt se vytrácí. Suchý substrát se zahřívá rychleji, ale zároveň není schopen teplo udržet, což vede k prudšímu kolísání teplot během dne a noci (Turetsky et al., 2002).

Výsledkem tohoto procesu je zvýšení denního teplotního maxima a zároveň pokles nočních teplot, což může zásadně ovlivnit jak mikroklimatickou stabilitu prostředí, tak fyziologickou toleranci organismů, které jsou na mokřadní podmínky adaptované. Zejména hydrofilní druhy rostlin, které preferují stabilní vlhké mikroklima, mohou být vystaveny zvýšenému stresu v důsledku přehřívání substrátu a snížené dostupnosti půdní vlhkosti. Podobně i obojživelníci, kteří jsou silně závislí na stabilním vodním režimu a mírných teplotních poměrech, trpí zhoršením kvality biotopu, což se může projevit poklesem jejich populace, narušením rozmnožovacího cyklu nebo migrací do méně vhodných, ale stabilnějších lokalit (Turetsky et al., 2002). Z dlouhodobého hlediska pak tyto změny mohou narušit sukcesní vývoj vegetačních společenstev a snížit celkovou biodiverzitu mokřadního biotopu.

Hydrologický režim zároveň ovlivňuje dostupnost vody pro evapotranspiraci, která má chladičí účinek na okolní prostředí. Při vysoké hladině vody může být evapotranspirace až o 30–50 % vyšší než na vysušených stanovištích (Lafleur et al., 2005), což se promítá do nižších teplot v denních maximech – rozdíl může činit až 4 °C (Bubier et al., 1995). V suchých obdobích, kdy evapotranspirace klesá, dochází naopak k výraznému přehřívání povrchu a destabilizaci mikroklimatu.

### 3.1.3 Vliv klimatu

Vegetace v mokřadech má zásadní roli při regulaci mikroklimatických podmínek, a to především prostřednictvím evapotranspirace, stínění a ovlivňování proudění vzduchu. Husté porosty, jako například rákosiny, orobinec nebo vrbiny, snižují teplotní extrémy díky vysoké evapotranspirační aktivitě a zastínění substrátu. Tím pomáhají udržovat stabilnější teplotní a vlhkostní podmínky – např. podle Bubiera et al. (1995) může být teplota ve stínu těchto porostů o 3–6 °C nižší než na otevřených plochách. Významnou roli hraje i výška vodní hladiny, která ovlivňuje dostupnost vody pro evapotranspiraci, a tím i schopnost vegetace mikroklima aktivně ochlazovat (Lafleur et al., 2005).

Vliv vegetace na mikroklima se však dynamicky mění v důsledku globálních klimatických změn. S rostoucími průměrnými teplotami a častějšími obdobími sucha dochází ke zvýšení evapotranspirace a úbytku vody v půdě, což vede k přehřívání porostů – zejména těch s nižší hustotou nebo narušenou strukturou (Davidson et al., 2019). V letních měsících se rozdíly mezi vegetačně zapojenými a degradovanými lokalitami výrazně prohlubují; například denní maxima teploty půdy mohou v řídkých porostech přesahovat 35 °C, zatímco v hustých zůstávají pod 30 °C. Snížená vegetační pokrývnost rovněž omezuje stínění a zvyšuje tepelnou expozici půdy, čímž dochází ke zvětšení denních teplotních amplitud, někdy až o 6–8 °C oproti stabilnějším podmínkám v hustém porostu (Turetsky et al., 2002).

Změny v rozložení srážek, zejména častější suchá období nebo naopak extrémní přívalové srážky, mají nepřímý dopad na vegetaci, a tím i na mikroklima. Dlouhodobé sucho omezuje růst hydrofilních druhů, jako jsou ostřice nebo orobince, a podporuje šíření druhů lépe adaptovaných na sucha. To mění schopnost porostu ovlivňovat mikroklimatické proměnné – druhy s menší listovou plochou a nižší výškou například ztrácí efektivitu stínění i evapotranspirace (Bridgham et al., 2006; Chapin et al., 2002).

Naopak náhlé srážkové epizody mohou krátkodobě zvýšit vlhkost vzduchu a ochladit povrch, ale efekt rychle vyprchá v důsledku rychlého odtoku a zvýšeného výparu z narušeného substrátu.

Vzhledem k tomu, že vegetace není pouze pasivní složkou mokřadního prostředí, ale aktivním regulátorem mikroklimatických podmínek, je důležité vnímat probíhající klimatické změny právě optikou měnící se vegetační struktury. Výzkum by se proto měl zaměřit nejen na přímé fyzikální dopady oteplování a srážkových extrémů, ale i na jejich vliv na složení, pokryvnost a fenologii vegetace, která zásadním způsobem moduluje lokální klima mokřadních stanovišť.

## 3.2 Různé typy vegetace

### 3.2.1 Rákosiny

Studie Wang et al. (2024) prokázala, že výška a listová plocha rákosu významně ovlivňují denní teplotní rozsah vody. Při pokusu v čínské deltě řeky Liao došlo při růstu vegetace ke snížení teplotního rozdílu mezi dnem a nocí o 0,44 °C. Zároveň došlo k omezení nočního ochlazování vodní plochy, což ukazuje na schopnost rákosu regulovat teplotní podmínky prostředí. Další výzkum Szilágyi et al. (2016) v rákosinách u jezera Balaton (Maďarsko) ukázal, že evapotranspirace rákosu dosahovala během léta hodnot přes 5 mm/den. To potvrzuje silný chladič účinek vegetace prostřednictvím výparu a naznačuje významný podíl rákosových porostů na utváření lokálního mikroklimatu v mokřadech.



**Obrázek 2.** Porost rákosin (zdroj: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2025)

### 3.2.2 Ostřicové porosty

Schopnost ostřicového porostu regulovat vlhkost a teplotu prostřednictvím evapotranspirace závisí na hydrologickém režimu stanoviště, který zásadně ovlivňuje jejich růst. Zhang et al. (2020) prokázali, že ostřice šedavá (*Carex cinerascens*) dosahuje nejlepších růstových parametrů při střední hladině podzemní vody, zatímco extrémní sucho i nadměrné zaplavení vedlo k výraznému poklesu vitality porostu. Optimální vodní režim tedy umožňuje vznik hustého vegetačního krytu, který stabilizuje mikroklimatické podmínky prostřednictvím zvýšené evapotranspirace a efektivního zastínění půdy. To vede k udržení vyšší vzdušné vlhkosti, a především k snížení teplot u povrchu, což je klíčové pro omezení denních teplotních extrémů.

Podobně Duan et al. (2024) ukázali, že klíčení ostřice bahenní (*Carex limosa*) bylo nejvyšší při mírném a stabilním zaplavení, konkrétně při teplotách kolem 20 °C. Naopak při suchých podmínkách a zvýšené teplotě klíčivost prudce klesala. Tyto poznatky ukazují, že ostřice jsou nejen citlivé na změny teploty a vlhkosti, ale zároveň aktivně regulují mikroklima tím, že snižují teplotní výkyvy a stabilizují vlhkost prostředí. To plyne z jejich schopnosti výrazně ovlivnit bilanci tepelného toku prostřednictvím evapotranspirace a stínění, jak dokládají hodnoty snížených denních maxim teplot a vyšší relativní vlhkosti vzduchu v hustých ostřicových porostech oproti otevřeným plochám.

Pokud však dojde k degradaci vodního režimu (např. vysycháním stanoviště), hustota a vitalita ostřicových porostů klesá, čímž se ztrácí jejich schopnost stabilizovat mikroklimatické podmínky. Výsledkem je zvýšená tepelná expozice půdy, vyšší denní teploty a rychlejší vysychání substrátu. Tento proces vede k dalšímu prohlubování teplotních extrémů a poklesu vzdušné vlhkosti, což následně zhoršuje podmínky pro růst ostřic i dalších hydrofilních druhů (Zhang et al., 2020).

### 3.2.3 Porosty orobince

Díky vysoké evapotranspirační aktivitě a schopnosti zastínit okolní prostředí patří k nejeefektivnějším regulátorům mikroklimatických podmínek v mokřadních ekosystémech porosty orobince, a to zejména orobince širokolistého. Chimner a Cooper (2006) ve své studii zjistili, že orobinec širokolistý dosahuje v letním období evapotranspirace přes 6 mm/den, což výrazně převyšuje hodnoty zaznamenané u jiných mokřadních druhů. Tento intenzivní vodní výpar v kombinaci s hustým vegetačním krytem přispívá k udržení vyšší vzdušné vlhkosti a současně k ochlazování půdy i vodní hladiny. V porostech byly v důsledku těchto procesů zaznamenány nižší povrchové teploty o 3–5 °C ve srovnání s otevřenými nebo řídkými plochami, čímž rostliny významně tlumí mikroklimatické extrémy, jako jsou přehřívání substrátu nebo kolísání vlhkosti.

Tuto schopnost dále potvrzuje studie Tsiouris et al. (2018), která uvádí, že „crop coefficient“ (poměr evapotranspirace rostliny k referenční evapotranspiraci) porostů orobince širokolistého dosahoval ve fázi maximální vegetace hodnoty až 1,25. Tato hodnota výrazně přesahuje standardní

hodnoty pro běžné zemědělské kultury i jiné mokřadní rostliny, což ukazuje na mimořádnou schopnost orobince regulovat vodní režim a mikroklimatické podmínky v okolí. Vysoký „crop coefficient“ znamená, že rostlina spotřebovává více vody, než je referenční hodnota ( $ET_0$ ), což z hlediska mokřadního mikroklimatu znamená intenzivnější ochlazování okolí prostřednictvím latentního tepelného toku (výparu).

Díky kombinaci vysoké biomasy, rychlého růstu a efektivního vodního hospodaření tak porosty orobince významně přispívají k tlumení denních teplotních výkyvů, ochlazování povrchu a udržování vyšší vzdušné vlhkosti v průběhu vegetační sezóny. V degradovaných nebo odvodněných mokřadech, kde porosty orobince ustupují, dochází často k destabilizaci mikroklimatu, rychlejšímu ohřevu substrátu a poklesu vlhkosti, což dále negativně ovlivňuje místní biotu i ekologické funkce mokřadu.



**Obrázek 3.** Porosty orobince širokolistého, Česko, Tachovsko, PR Tisovské rybníky (zdroj: Krása, 2008)

### 3.2.4 Vrbiny

Významný typ litorální vegetace představují vrbiny. Vyznačují se vysokou transpirační kapacitou a výrazným vlivem na mikroklimatické poměry mokřadního prostředí, zejména v letních měsících. Zhang et al. (2018) ve své studii provedené v čistírenském mokřadu s výsadbou vrby Miyabovy (*Salix miyabeana*) zaznamenali denní evapotranspiraci (ET) v rozmezí 2,5 až 6,1 mm, přičemž nejvyšších hodnot bylo dosaženo při plném vývoji listů v letním období. Tyto výsledky dokládají schopnost vrb efektivně ochlazovat prostředí prostřednictvím výparu vody, a tím přispívat k udržování vyšší relativní vlhkosti vzduchu a nižších denních teplot u povrchu.

Další výzkum, který sledoval druhy vrb, vrbu popelavou (*Salix cinerea*) a vrbu pětimužnou (*Salix pentandra*) ve skandinávských podmínkách, ukázal, že vrby intenzivně reagují na solární radiaci –

během dnů s vysokým osluněním dokázaly snížit povrchové teploty substrátu až o 4 °C oproti okolním nezastíněným plochám. Tento chladicí efekt byl nejvýraznější v období plné listové plochy, kdy transpirace dosahovala maximálních hodnot. Významný je i jejich vliv na denní teplotní amplitudy. V porostech vrby byla rozdílnost mezi denními a nočními teplotami nižší o 3–5 °C ve srovnání s řídkými bylinnými společenstvy (Kellner & Halldin, 1986).

Vysoký evapotranspirační výkon vrbin je přitom podmíněn přítomností dostatečné zásoby půdní vody – při její dostupnosti dokážou vrby efektivně regulovat mikroklima, zatímco v podmínkách sucha dochází ke snížení transpirační aktivity i k větším výkyvům teplot a vlhkosti. Díky kombinaci rychlého růstu, bohaté listové plochy a schopnosti intenzivní výměny vody s atmosférou vrbinový porost fungují jako účinný stabilizační prvek sezónního mikroklimatu mokřadů, především v letním období.

### 3.2.5 Olšiny

Dominantní zastoupení olšin tvoří zejména olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), která představuje důležitou součást mokřadních lesů mírného pásma a sehrává významnou roli při utváření jejich mikroklimatu. Díky své výšce a hustému listoví vytváří efektivní stín, který omezuje přímé sluneční záření dopadající na půdu, čímž přispívá ke snížení denních teplotních maxim a ke zpomalení výparu z povrchu substrátu. Studie Stoffel et al. (2021) ukázala, že při stabilním, mírném zavodnění rašelinného lesního stanoviště vykazují porosty olše lepkavé zřetelný chladicí efekt – teploty u půdy byly oproti okolním bezlesým plochám nižší o 2–4 °C. Tento efekt je výsledkem kombinace zastínění a snížené evaporace z povrchu půdy, která je kryta opadem, vrstvou mechorostů a aktivní transpirací stromového patra.

Na druhou stranu je růst olšin silně ovlivněn hydrologickými extrémy. Při dlouhodobém zaplavení, zejména v kombinaci s nízkou dynamikou hladiny vody, dochází k omezení tloušťkového přírůstu stromů – což může být projevem stresu z nedostatku kyslíku v půdě. Olše tak mají úzké ekologické optimum ve vztahu k vodní hladině: přílišné sucho omezuje jejich transpiraci a tím i mikroklimatickou regulaci, zatímco nadměrné zaplavení snižuje jejich vitalitu a může vést k degradaci porostu.

Zajímavým aspektem ekologické funkce olšin je jejich schopnost emitovat metan přímo z kmenů, jak prokázali Kopf et al. (2023). Tyto emise kulminují při vysoké hladině vody a zvýšené teplotě, což ukazuje na úzkou souvislost mezi transpirací, půdní saturací a produkcí skleníkových plynů. Z mikroklimatického hlediska je tento jev nepřímě důležitý – ukazuje, že za určitých podmínek olšiny aktivně zprostředkovávají výměnu plynů mezi půdou a atmosférou, což je proces úzce vázaný na teplotní a hydrologické poměry stanoviště. Vlhká půda s vysokou biologickou aktivitou je totiž nejen zdrojem metanu, ale také médiem s vysokou tepelnou kapacitou, které podporuje stabilitu teplotního režimu. Olšiny tak představují ekologicky významný typ mokřadního lesa, který za optimálních

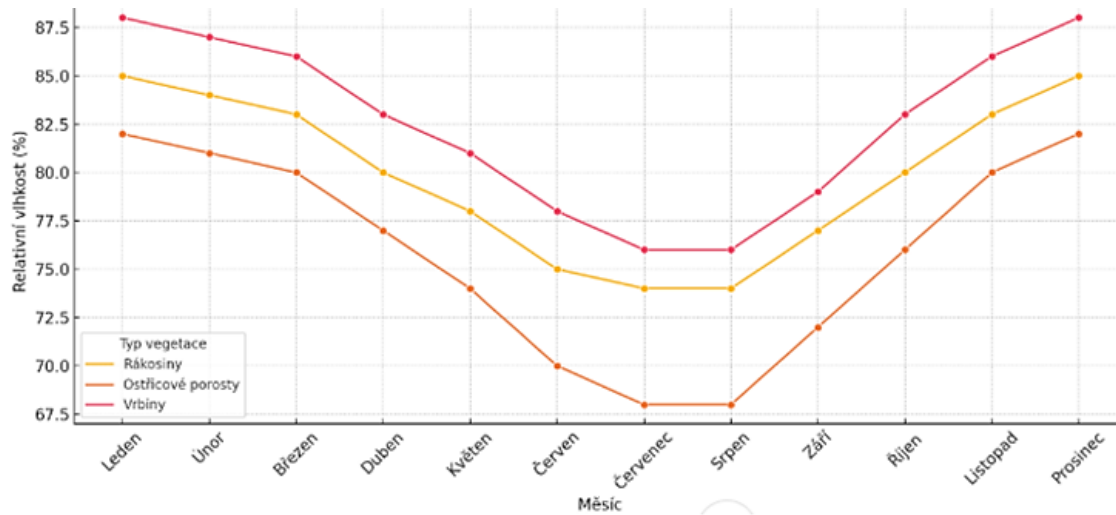
hydrologických podmínek přispívá k ochlazování, udržování vlhkosti i zmírňování teplotních extrémů, a zároveň reaguje citlivě na změny hydrologického režimu.

### 3.3 Sezónní proměnlivost vlhkostních poměrů

Sezónní proměnlivost vlhkostních poměrů v litorálních mokřadech úzce souvisí s druhem, strukturou vegetace a jejím fenologickým vývojem v průběhu roku. Husté porosty, jako jsou rákosiny nebo vrbiny, udržují během vegetační sezóny vyšší relativní vlhkost vzduchu v blízkosti povrchu díky kombinaci intenzivní evapotranspirace a efektivního stínění substrátu. Například Bubier et al. (1995) uvádějí, že v porostech s vysokou nadzemní biomasou může být relativní vlhkost u povrchu o 10–20 % vyšší než na otevřených místech. Zároveň dochází k výraznému snížení přímého výparu z půdy. Experimenty Lafleura et al. (2005) prokázaly, že vegetační kryt s vysokým LAI (Leaf Area Index > 4) snižuje denní evaporaci z povrchu substrátu až o 40 % oproti nezarostlým plochám.

Naopak otevřenější a nízké vegetační typy, jako jsou ostřicové porosty bez aktivní biomasy po seči nebo v raném jaru, se v letních měsících rychleji vysušují. Měření z oblasti severoevropských mokřadů ukazují, že denní výkyvy relativní vlhkosti zde mohou dosahovat rozdílu až 30 % mezi ranními a odpoledními hodnotami, přičemž maximální odpar z povrchu může přesáhnout 4 mm/den při absenci zastínění (Duan et al., 2024).

V zimním období se rozdíly mezi jednotlivými typy vegetace částečně stírají v důsledku redukované evapotranspirace a fyziologické neaktivity rostlin. Přesto zbytky nadzemní biomasy – např. suché stvoly rákosu obecného nebo orobince širokolistého – nadále ovlivňují mikroklimatické podmínky tím, že snižují proudění vzduchu u povrchu a zpomalují výpar. Turetsky et al. (2002) uvádějí, že zbytky vysoké vegetace mohou během zimy omezit povrchovou ztrátu vlhkosti až o 25 % oproti zcela odkrytým stanovištím. V předjaří pak rychle se obnovující vegetace, jako jsou ostřice, opět začíná modifikovat mikroklima porostu – výzkum Duan et al. (2024) ukázal, že při optimálních hydrologických podmínkách dochází k obnovení evapotranspirace ostřicových porostů již při průměrných denních teplotách kolem 12–15 °C, přičemž relativní vlhkost vzduchu v porostu začíná stoupat v závislosti na hustotě vegetace a dynamice růstu.



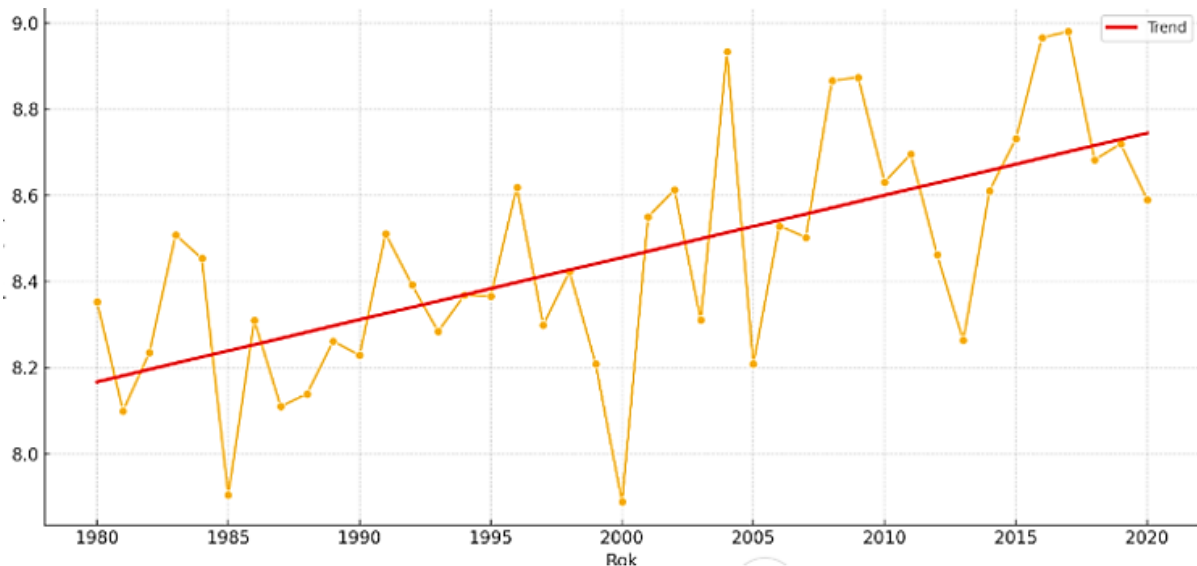
**Obrázek 4.** Relativní vlhkost vzduchu v různých typech vegetace během roku (podle Duan et al., 2024)

Typ vegetace tedy hraje zásadní roli při utváření vlhkového mikroklimatu, a to nejen v závislosti na ročním období, ale i na momentálním stavu vývoje porostu. Struktura, výška a pokryvnost vegetace určují, nakolik je daná lokalita schopná zadržovat vlhkost, bránit jejímu výparu nebo naopak být náchylnější k vysychání (Mitsch & Gosselink, 2015).

## 4 Změna klimatu

Vzrůstající teploty v důsledku klimatických změn přispívají k intenzivnějšímu výparu vody jak z půdy, tak prostřednictvím transpiračních procesů vegetace, což vede ke snížení vlhkosti vzduchu v přízemním mikroklimatu (Moomaw et al., 2018). Pokles hladiny vody a s tím spojené vysychání mělkých částí mokřadů iniciuje změny v druhovém složení vegetace – ustupují hydrofytní druhy a přibývají druhy s vyšší tolerancí k suchu. Tento posun v sukcesním stádiu vegetace má zpětný vliv na mikroklimatické podmínky: typicky dochází ke snížení evapotranspirace, a tedy i ke snížení relativní vlhkosti vzduchu v porostu (Bridgham et al., 2006).

Změny globálního klimatu, zejména postupné zvyšování teploty a proměnlivost srážek, se promítají do mikroklimatických poměrů v krajině. Studie Pokorného a Kučerové (2000) dlouhodobě sledovala teplotu a srážky v CHKO Třeboňsko a zaznamenala trend růstu průměrné teploty i změny v sezónním rozložení srážek, což způsobilo proměnu vodního režimu mokřadů – například snížení hladiny podzemní vody v suchých obdobích a zhoršení retence vody při extrémních srážkách. Výsledkem je narušení hydrologické stability, omezený růst hydrofilních rostlin a pokles biodiverzity, protože citlivé druhy nejsou schopny přizpůsobit se extrémnějším podmínkám. Podobně Dušek et al. (2013) zjistili, že ačkoli se v období 1977–2009 celková roční teplota v mokřadním ekosystému u Třeboně zvýšila jen mírně, během vegetační sezóny došlo k významnému oteplení. Tyto klimatické posuny ovlivňují mikroklima – tedy lokální podmínky, jako je teplota a vlhkost – které je v mokřadech výrazně formováno vegetačním pokryvem. Husté porosty, například rákosiny či vrbiny, regulují mikroklima prostřednictvím stínění půdy, intenzivní transpirace a omezení proudění vzduchu, čímž snižují teplotní extrémy a zvyšují vlhkost. Vegetační struktura tak funguje jako nárazník mezi změnami klimatu a životními podmínkami v mokřadních mikrostanovištích.



**Obrazek 5.** Trend průměrné roční teploty vzduchu v mokřadním ekosystému u Třeboně v letech 1980–2020 (podle Dušek et al., 2013; ex Mejdová, 2021)

Mimoto vyšší teploty mají vliv také na teplotu vody v litorálních mokřadech, což vede ke změnám v metabolismu mikroorganismů a souvisejících biogeochemických procesech v půdě mokřadů (Erwin, 2009). Konkrétně se zvyšující se teplotou vody dochází ke zrychlení mikrobiální aktivity, zejména aktivit aerobních i anaerobních dekompozitorů, což vede k intenzivnějšímu rozkladu organické hmoty (Bridgham et al., 2006). Tento rozklad uvolňuje dříve vázané uhlíkové sloučeniny, které mikroorganismy přeměňují na plyny – v aerobních podmínkách především na oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ), zatímco v anaerobních (typických pro nasycené půdy mokřadů) vzniká hlavně metan ( $\text{CH}_4$ ).

## 4.1 Vliv vegetace na oteplování lokálního klimatu

Struktura vegetace v litorálních mokřadech představuje nezbytný prvek při formování mikroklimatu, přičemž její výška a hustota se významně podílejí na zpětnovazebných mechanismech spojených s klimatickými změnami. Vegetační pokryv ovlivňuje tok energie, vlhkosti a tepla mezi půdou, rostlinami a atmosférou, čímž utváří lokální mikroklimatické podmínky, které se mohou lišit od okolní krajiny. Tyto změny se často projevují nejen na úrovni jednotlivých rostlin či porostů, ale i v širším ekologickém kontextu, například změnou teplotních extrémů, vlhkosti vzduchu nebo evapotranspirace.

### 4.1.1 Vliv výšky vegetace na oteplování lokálního klimatu

Zvyšující se výška vegetace v mokřadních ekosystémech může mít výrazný vliv na lokální i regionální mikroklimatické podmínky. Vyšší porosty, jako například rákos obecný, který dominuje litorálním mokřadům, vytvářejí rozsáhlé zastíněné plochy, čímž snižují přímý sluneční ohřev povrchu půdy a ovlivňují teplotní bilanci prostředí (Yuan et al., 2021). Rostliny s větší výškou zároveň disponují

větší listovou plochou, která zvyšuje evapotranspirační ztráty, a tím ovlivňuje teplotu a vlhkost vzduchu v daném stanovišti. Výsledkem je často mírnější denní kolísání teplot a snížení extrémních teplotních hodnot, což může přispívat ke komplexnímu zpětnovazebnému působení vegetace na lokální oteplování (Chapin et al., 2002).

#### **4.1.2 Vliv hustoty vegetace na oteplování lokálního klimatu**

Hustota vegetace představuje významný faktor ovlivňující mikroklimatické podmínky a lokální projevy oteplování v mokřadních ekosystémech. Zvýšená hustota porostu, typická pro sukcesně vyspělejší stádia vývoje, modifikuje světelný režim prostřednictvím silného zastínění nižších vegetačních pater i povrchu půdy. Omezený přístup sluneční radiace vede k ochlazení těchto zastíněných míst během dne, přičemž zároveň zpomaluje jejich noční ochlazování, čímž dochází ke snížení denních teplotních výkyvů (Zhao et al., 2020). Tyto efekty mohou v souhrnu přispívat ke zmírnění extrémních projevů lokálního oteplování.

S narůstající hustotou vegetace zároveň dochází ke zvýšení evapotranspirační aktivity – větší množství listové plochy zvyšuje transpiraci a zároveň snižuje přímé sluneční ohřívání půdy, čímž se zvyšuje výpar ze zastíněného a vlhkého prostředí (Herbst et al., 2008). Tento proces ovlivňuje lokální teplotu i relativní vlhkost vzduchu, zejména během suchých období, kdy se mikroklimatické podmínky díky zvýšené evapotranspiraci mohou dočasně stabilizovat. V delším časovém horizontu však tento jev může přispívat k poklesu hladiny povrchové i podzemní vody, čímž se mění tepelná dynamika prostředí směrem k suššímu a teplejšímu mikroklimatu s nižší relativní vlhkostí (Zhao et al., 2020).

Navíc hustota vegetace ovlivňuje i strukturální složení porostů. Dominance několika málo konkurenčně silných druhů, které efektivně vytlačují jiné, vede ke snížení druhové diverzity a homogenizaci vegetačního pokryvu. To se negativně odráží i na variabilitě mikroklimatických mikrostanovišť – dochází ke ztrátě pestré mozaiky s různorodými teplotními a vlhkostními podmínkami, což může oslabit schopnost ekosystému reagovat na klimatické extrémny (Zhao et al., 2020; Herbst et al., 2008). Hustota vegetace tak není pouze důsledkem klimatických změn, ale zároveň se aktivně podílí na zpětnovazebném působení na lokální oteplování.

## 5 Sukcese

Velká pozornost by měla být věnována i sukcesi, což je přirozený a proměnlivý proces změn ve složení, struktuře a funkci rostlinných společenstev (Witynski, 2021). V mokřadech, které se vyznačují vysokou ekologickou dynamikou, je důležitým faktorem vodní režim, který ovlivňuje tempo, směr i výsledek sukcese (Walker & del Moral, 2003; Hobbs & Norton, 1996; Čížková et al., 2013).

V litorálních mokřadech mírného pásma začíná sukcese kolonizací volné vodní plochy ponořenými a plovoucími druhy, jako jsou rdesty či růžkatce, které přispívají k zazemňování. Následují emergentní druhy (např. rákos, orobinec, ostřice), jež výrazně ovlivňují mikroklima prostředí (Haslam, 1972; Asaeda et al., 2003). Postupně se objevují vlhkomilné keře a stromy, jako vrby a olše, které mohou vést k vývoji lužních lesů nebo rašelinných porostů (Keddy, 2010; Čížková et al., 2013). Rychlost a směr sukcese ovlivňují faktory jako kolísání hladiny vody, geomorfologie, chemismus substrátu a disturbance, včetně antropogenních zásahů, které často vedou k degradaci (Walker & del Moral, 2003; Zedler & Kercher, 2005).

Litorální mokřady, coby ekotonální zóny, jsou citlivé na změny – zvýšená hladina může regresně posunout sukcese zpět k vodní ploše, zatímco sucho podporuje suchozemská společenstva (Mitsch & Gosselink, 2015). Typická je sezónní proměnlivost: např. jarní dominance jednoletých druhů může být v létě nahrazena víceletými travinami, což mění i mikroklima (Tóth et al., 2021; Bastl et al., 1990). Porozumění sukcesi je zásadní pro ekologii i praktickou ochranu – vegetace nejen reaguje na teplotu a vlhkost, ale sama je významně ovlivňuje. Struktura porostů ovlivňuje teplotní stabilitu, evapotranspiraci i vlhkostní režim (Herbst et al., 2008; Körner & Hiltbrunner, 2018).

### 5.1 Změna teploty v různých stádiích sukcese

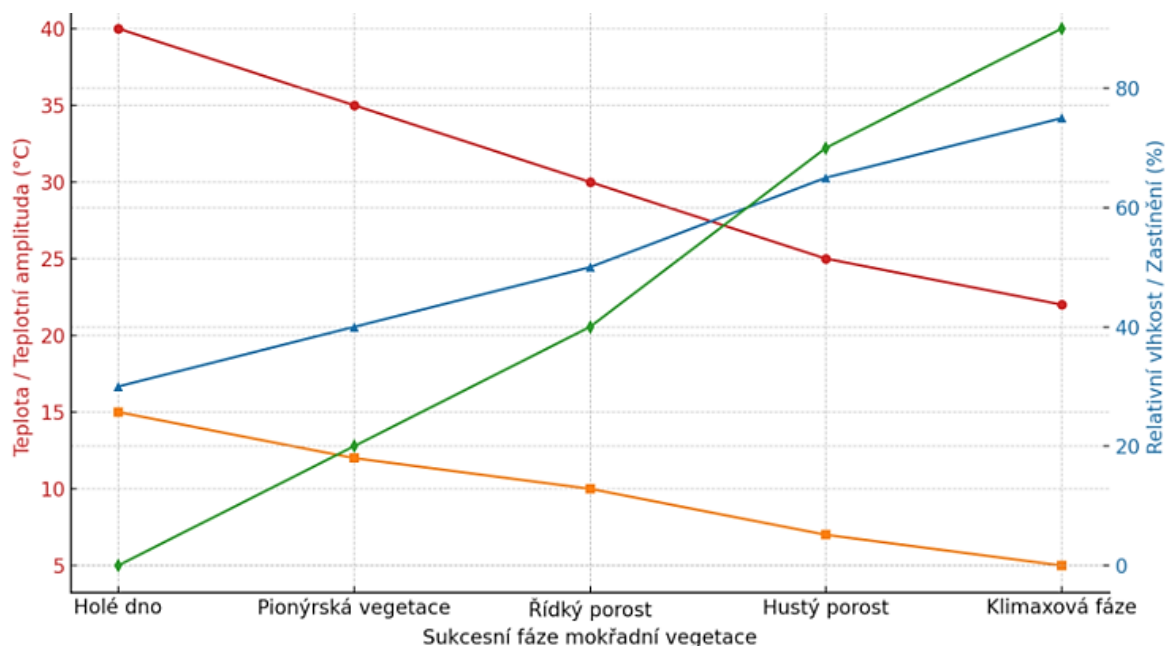
Sukcese ve vegetačních společenstvech litorálních mokřadů je komplexní proces ovlivněný mnoha faktory. Mezi nejvýznamnější abiotické činitele patří teplota, která formuje strukturu vegetace, růst, fenologii druhů i mikroklimatické podmínky, jako je radiační bilance, vlhkost či teplota půdy a vzduchu (Körner & Hiltbrunner, 2018). V mokřadech mírného pásma, kde se střetávají vodní a suchozemská stanoviště, má teplota na sukcesní vývoj zásadní vliv, protože každá fáze je spojena s odlišným vegetačním pokryvem a mikroklimatem.

V počátečních fázích sukcese litorálních mokřadů, kdy je vegetační pokryv řídký nebo zcela chybí, jsou mikroklimatické podmínky výrazně ovlivněny přímým slunečním zářením dopadajícím na nezakrytý povrch. Dochází k silnému prohřívání substrátu, vysokým denním teplotním amplitudám a rychlému vysychání půdy, zejména při nízké hladině vody. Studie ukazují, že teplota povrchu na neporostlých plochách může přesahovat teplotu vegetací pokrytých ploch až o 5–7 °C (Mathews et al., 2021). Tyto extrémní podmínky však vytvářejí prostor pro klíčení a růst teplomilných a světlo milných

pionýrských druhů, jako jsou některé jednoleté ostřice (např. ostřice šáchorovitá (*Carex bohemica*)) nebo rdesna (*Persicaria* spp.), které jsou adaptované na krátkodobou dostupnost vody a intenzivní osvit. Vegetační pokryv v této fázi často rychle reaguje na aktuální srážkový režim – v období dešťů může dojít k rychlému zazelenání ploch, zatímco v suchu vegetace degraduje a mikroklima se opět otevírá extrémům (Tóth et al., 2021).

V raných fázích sukcese, kdy vegetační pokryv je řídký nebo téměř chybí, jsou mikroklimatické podmínky extrémní. Sluneční záření dopadá přímo na povrch substrátu, což způsobuje významné denní teplotní výkyvy. Tato intenzivní expozice slunečnímu záření a extrémní rozdíly v teplotách během dne (až 10–15 °C) vedou k rychlému vysychání půdy v případě poklesu hladiny vody. Tyto podmínky však zároveň podporují klíčení a rychlý růst pionýrských druhů, jako jsou některé traviny (např. *Poa* spp.) a byliny (např. *Rumex* spp.), které jsou adaptovány na vysoké teploty (až 30–40 °C) a vysokou intenzitu světla, což jim umožňuje efektivně kolonizovat nové plochy. V tomto období se často objevují i sezónní mikroklimatické výkyvy, které mohou způsobit výrazné kolísání teploty a vlhkosti vzduchu i půdy. Například během suchých období může teplota substrátu stoupnout až na 40 °C, zatímco během deštivých dnů klesne na 15–20 °C. Vlhkost vzduchu může kolísat mezi 30–80 %, což závisí na srážkových událostech a evapotranspiraci (Tóth et al., 2021).

S nástupem hustější vegetace dochází k progresivní změně mikroklimatických podmínek. Vývoj porostů směrem k vyšší biomase a architektonické komplexitě znamená vyšší stupeň zastínění povrchu, nižší teploty substrátu a zvýšenou relativní vlhkost v přízemní vrstvě vzduchu. Vegetace tak funguje jako tepelná bariéra, která tlumí extrémy. Studie ukazují, že ve vegetačních sukcesních gradientech je právě stupeň pokryvu a výška porostu rozhodujícím činitelem pro míru zadržování vlhkosti a snižování teplotních maxim (Fu et al., 2006). Tyto podmínky zároveň zpětně ovlivňují druhové složení vegetace – druhy citlivé na vysychání nebo vysoké teploty se mohou lépe uchytit právě ve fázích, kdy již dochází k mikroklimatické stabilizaci díky rozvinuté vegetaci.



Poznámka:

Červená křivka – průměrná denní teplota (°C)

Oranžová křivka – teplotní amplituda (rozdíl mezi denní a noční teplotou) (°C)

Modrá křivka – relativní vlhkost vzduchu (%)

Zelená křivka – míra zastínění vegetací (%)

**Obrázek 6.** Sukcesní vývoj mokřadní vegetace a související změny mikroklimatických podmínek (podle Dušek et al., 2011)

Vliv sukcese na teplotu se však neprojevuje pouze v rámci přirozených sezónních výkyvů, ale také v dlouhodobém měřítku, zejména v kontextu globální klimatické změny. Zvyšující se průměrné teploty a častější výskyt extrémních tepelných epizod může urychlovat sukcesní procesy nebo je naopak narušovat. Například v mírných mokřadech střední Evropy bylo zjištěno, že v důsledku oteplování dochází k ustupování mezotrofních druhů ostřic ve prospěch expanzivních, teplomilných druhů, jako je právě rákos, což výrazně mění nejen druhovou skladbu, ale i mikroklimatický režim celého mokřadu (Dušek et al., 2011). Rákos svým vysokým a hustým porostem vytváří uzavřený mikroklimatický systém, ve kterém dochází ke snížení proudění vzduchu, zvýšení relativní vlhkosti a menší teplotní proměnlivosti během dne i noci (Asaeda et al., 2003). Tento efekt je natolik výrazný, že lze považovat vývoj mikroklimatu za jeden z hlavních určujících faktorů pro následné sukcesní posuny.

S postupující sukcesí dochází také k vertikálnímu členění mikroklimatu – výška a struktura porostu ovlivňuje nejen podmínky na úrovni substrátu, ale i mikroklima ve vyšších vrstvách vegetace. V lesnatých mokřadech, kde dominuje např. olše lepkavá nebo vrby, je tento efekt velmi výrazný. Koruny stromů snižují insolaci půdy, čímž redukuje odpařování a zároveň zmírňují teplotní extrémy. Mikroklimatická stabilita těchto sukcesních stádií je však často vázána na specifické hydrologické podmínky – např. výskyt periodických záplav nebo trvale vysokou hladinu podzemní vody. Jakmile dojde k jejich narušení, může se sukcesní vývoj obrátit zpět ke stádiím ranějším, s méně stabilním mikroklimatem (Zedler & Kercher, 2005).

Teplota zároveň ovlivňuje i fenologii druhů, což má zpětný dopad na mikroklimatický cyklus vegetace. Například dřívější rašení listů či prodloužení vegetační sezóny může vést k dřívějšímu nástupu stínění, dřívějšímu uzavření porostní struktury a tím i k rychlejší změně mikroklimatických podmínek v sezónním horizontu. Tento efekt byl doložen v několika dlouhodobých studiích mokřadních porostů, kde byl zaznamenán posun fenologických fází o více než 10 dní v souvislosti s nárůstem průměrných teplot (Tian et al., 2012; Körner & Basler, 2010).

Zásadní je také role mikroklimatické heterogenity, kterou sukcesní změny vytvářejí. Nehomogenní struktura vegetace v různých sukcesních stádiích způsobuje výrazné rozdíly v teplotním a vlhkostním režimu na malém prostoru. Tato heterogenita podporuje vyšší diverzitu – nejen rostlinnou, ale i živočišnou – a vytváří mozaikovitě prostředí, které je pro mokřady typické. Oproti tomu rychlá sukcesní homogenizace, např. invaze jednoho druhu, vede k úbytku mikroklimatických rozdílů, což se negativně promítá do celkové ekologické hodnoty stanoviště (Zhao et al., 2020).

Z výše uvedeného vyplývá, že vztah mezi teplotou a sukcesními změnami v mokřadní vegetaci je oboustranný – teplota ovlivňuje rychlost a směr sukcese, zatímco sukcesní vývoj vegetace utváří teplotní režim prostředí. Mikroklima tedy nelze chápat pouze jako výsledek okolních klimatických podmínek, ale jako důsledek ekologického vývoje společenstva samotného. Porozumění těmto vzájemným vazbám je klíčové nejen pro pochopení přírodní dynamiky mokřadních ekosystémů, ale i pro efektivní management a ochranu těchto stanovišť v době klimatických změn.

## **5.2 Změny mikroklimatu v závislosti na složení druhů vegetace**

Složení a struktura vegetačního pokryvu představují zásadní faktor formující mikroklimatické poměry v mokřadních ekosystémech. Dominantní vysoké porosty, jako rákos obecný, orobince nebo ostřice, snižují teplotní extrémny a udržují vyšší vlhkost díky hustému vzrůstu a efektivnímu stínění půdního povrchu (Haslam, 1972; Asaeda et al., 2003). Tyto efekty jsou nejvýraznější v letních měsících, kdy porosty dosahují maximální biomasy a evapotranspirace je na svém vrcholu.

Studie ukazují, že v hustých mokřadních porostech dochází k výraznému snížení maximálních denních teplot vzduchu a ke zvýšení relativní vlhkosti oproti otevřeným plochám bez vegetace (Mauchamp et al., 2001). Ostřicové porosty, ačkoli poskytují méně intenzivní zastínění než rákosiny, významně přispívají k udržování vlhkosti substrátu díky schopnosti efektivního využívání vody z povrchových i podpovrchových vrstev (Saarinen, 1996). Významnou roli v utváření mikroklimatických podmínek hrají také dřeviny. Porosty vrby a olší vytvářejí vícevrstevné vegetační struktury, které zesilují efekt zastínění, snižují rychlost větru a udržují vyšší vlhkost v přízemní vrstvě (Kuzovkina & Quigley, 2005). Tento efekt je však sezónně proměnlivý, protože v období bez listů vliv dřevin na mikroklima výrazně klesá (McVean, 1956).

Různorodost druhového složení a architektury vegetace vede k vyšší heterogenitě mikroklimatických podmínek v rámci malých vzdáleností. Taková mozaika prostředí je klíčová pro

přežívání a rozmístění širokého spektra rostlin i živočichů a hraje důležitou roli v sukcesních procesech (Tóth et al., 2021). Ekosystémy s vyšší strukturální diverzitou vegetace obecně vykazují vyšší tepelnou stabilitu a menší výkyvy vlhkosti než monotypické porosty.

Dále je významným faktorem i evapotranspirační aktivita vegetace. Například rákos obecný vykazuje vyšší transpirační aktivitu než mnoho jiných mokřadních druhů, což přispívá k lokálnímu ochlazení a zvlhčování vzduchu, zejména v obdobích s extrémními teplotami (Brix, 1994). Oproti tomu nízké porosty s malou listovou plochou se rychleji prohřívají a vykazují nižší schopnost stabilizovat mikroklimatické podmínky. Morfologie porostů rovněž ovlivňuje mikroklimatickou dynamiku. Trsnaté druhy, jako některé ostřice nebo skřípiny, umožňují lepší proudění vzduchu, zatímco souvislé, husté porosty rákosu nebo orobince tvoří mikroklimaticky uzavřenější prostředí s omezenou cirkulací (Brinson, 1993; Chapin et al., 2002).

Změny ve složení vegetace v důsledku sukcese, antropogenních zásahů nebo klimatických změn mohou vést k výrazné proměně mikroklimatu. Například náhrada diverzifikovaných společenstev invazními monokulturami, jako je právě rákos obecný, snižuje mikroklimatickou rozmanitost a v dlouhodobém horizontu negativně ovlivňuje ekologickou stabilitu mokřadního biotopu (Zedler & Kercher, 2005).

## 6 Dopady antropogenních činností na mikroklima mokřadní vegetace

Mikroklima mokřadních ekosystémů je výsledkem vzájemného působení regionálních klimatických podmínek, hydrologického režimu a vegetační struktury. Tyto jemné rovnováhy jsou však stále častěji narušovány antropogenní činností, která mění jak makroklimatické podmínky, tak zejména lokální mikroklimatické poměry. Změny v teplotě, vlhkosti a radiační bilanci prostředí se pak promítají do fungování celého ekosystému, včetně složení a funkce vegetace (Keddy et al., 2009).

Jedním z nejvýznamnějších antropogenních zásahů je odvodňování, které přímo mění hydrologii území. Pokles hladiny podzemní i povrchové vody způsobuje rychlejší prohřívání půdy, snížení relativní vlhkosti vzduchu a zvýšení denních teplotních výkyvů. Například v odvodněných mokřadech může být denní teplotní maximum až o 4 °C vyšší než v neporušených porostech (Chmura et al., 2011). Zároveň se omezuje evapotranspirace vegetace, která jinak přispívá k ochlazení prostředí a stabilizaci mikroklimatu (Tóth et al., 2021).



**Obrázek 7.** Z původního mokřadu zůstalo pouze vysušené bahno (zdroj: Forejtek, 2020)

Podobně i intenzivní zemědělství v blízkosti mokřadních ploch významně zasahuje do mikroklimatické rovnováhy. Odstranění mokřadní vegetace a její nahrazení ornou půdou nebo travními porosty mění schopnost krajiny zadržovat vodu i ovlivňovat energetickou bilanci. Ztráta stínu, změny v albedu a snížená evapotranspirace podporují zahřívání povrchu, rychlejší odpar a tím i vysychání

celého území (Keddy et al., 2009). Tím se snižuje mikroklimatická stabilita a narušují se podmínky pro výskyt mokřadně adaptovaných druhů.

Dopady na mikroklima má i výstavba dopravní a vodohospodářské infrastruktury. Hráze, silnice či kanály narušují přirozený tok vody a omezují její výměnu mezi jednotlivými částmi mokřadu. Následkem je fragmentace prostředí, nižší termální kapacita vody, rychlejší prohřívání stagnujících částí a pokles vlhkostní setrvačnosti substrátu (Mitsch & Gosselink, 2015). Mikroklimatické poměry se tak mění jak v horizontálním, tak vertikálním měřítku, často s negativním dopadem na vegetaci a mikrofaunu (Zhao et al., 2020).

Znečištění vodních toků, ať už difuzní nebo bodové, přináší další mikroklimatické důsledky. Zvýšený přísun živin podporuje rozvoj eutrofních druhů a fytoplanktonu, které vytvářejí kompaktní povrchový kryt. Tím se snižuje výměna tepla a vlhkosti mezi vodním povrchem a atmosférou, což modifikuje teplotní režim a relativní vlhkost okolí (Carpenter et al., 1998). V případě toxických látek může dojít až ke ztrátě vegetačního krytu, což vystavuje substrát přímému slunečnímu záření a vede k destabilizaci mikroklimatu (Keddy et al., 2009).

Všechny tyto zásahy zároveň ovlivňují druhovou skladbu vegetace, která je jedním z hlavních determinantů mikroklimatických podmínek. Expanzivní druhy, například rákos obecný, které často nahrazují druhově bohatší porosty, mění výšku, hustotu a sezónní dynamiku vegetace. Tím dochází k úpravě teplotních a vlhkostních poměrů v blízkosti půdy, což ovlivňuje další sukcesní procesy (Zhao et al., 2020). Změny vegetace jsou tak nejen důsledkem, ale zároveň i hybatelem změn mikroklimatu.

Výzkumy ukazují, že mikroklimatické vlastnosti mokřadů jsou mimořádně citlivé na antropogenní zásahy, přičemž obnova narušeného mikroklimatu může trvat desítky let. Ani úspěšná revitalizace mnohdy nedokáže plně obnovit původní teplotní a vlhkostní režim, což potvrzuje dlouhodobý monitoring degradovaných lokalit (Moomaw et al., 2018). Proto je zásadní vnímat mikroklima jako nedílnou součást ekologické integrity mokřadů a reflektovat ho při ochraně a správě těchto ohrožených ekosystémů (Keddy et al., 2009).

## 7 Závěr

Z mé bakalářské práce vyplývá, že vegetační kryt hraje zásadní roli při utváření lokálního mikroklimatu. Porosty s vyšší hustotou a výškou, jako např. rákosiny, orobince nebo vrbiny, významně snižují denní teplotní extrém, udržují vyšší vzdušnou vlhkost a regulují radiační bilanci. Naproti tomu řídké a nízké vegetační typy jsou vystaveny větším výkyvům teploty a rychlejšímu vysychání substrátu. Mikroklimatické podmínky se také výrazně mění v průběhu roku, zejména v závislosti na sezónní dynamice vegetační biomasy.

Důležitým zjištěním je rovněž úzké propojení mezi mikroklimatem a sukcesním vývojem vegetace. Teplota a vlhkost ovlivňují druhové složení společenstev, zatímco samotná vegetace zpětně formuje mikroklimatické poměry prostřednictvím zastínění, evapotranspirace či změn v proudění vzduchu. Tyto interakce jsou zvláště citlivé na změny klimatu – zvyšující se teploty, delší suchá období a extrémní srážkové jevy mohou výrazně změnit sukcesní trajektorii mokřadních ekosystémů, a tím i jejich mikroklimatickou funkci.

Má bakalářská práce zároveň ukázala, že lidská činnost má výrazný a často negativní dopad na mikroklimatickou rovnováhu mokřadů. Odvodňování, výstavba, eutrofizace nebo invaze nepůvodních druhů často vedou k degradaci přirozené vegetace, snížení schopnosti prostředí zadržovat vlhkost a ke ztrátě mikroklimatické stability. Tyto změny mohou být dlouhodobé a v některých případech i nevratné, což zdůrazňuje potřebu cílené ochrany a obnovy těchto stanovišť.

Získané poznatky mají potenciál praktického využití – mohou sloužit jako odborný podklad pro plánování revitalizačních projektů, management mokřadních lokalit či ekologické modelování vývoje vegetace pod vlivem klimatických změn. Práce může být rovněž využita jako přehledový materiál pro další výzkumy zaměřené na mikroklimatické vztahy v různých typech biotopů. Ukazuje, že vegetační diverzita není pouze otázkou biologické pestrosti, ale i neopomenutelným nástrojem pro udržení ekologické a klimatické rovnováhy v krajině.

## Seznam použité literatury

- Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. (2025). *Biotop 16*. ISOP. Retrieved April 27, 2025, from <https://portal.nature.cz/w/biotop-16#/>
- Asaeda, T., Karunaratne, S., & Rajapakse, L. (2003). The effects of seasonal change in growth, canopy structure, and photosynthetic activity of *Phragmites australis* on the energy balance of a stand. *Wetlands Ecology and Management*, 11(6), 395–403.
- Bastl, M., Krahulec, F., & Prach, K. (1990). Succession in wet grasslands: Spontaneous restoration of a nature reserve after 16 years of abandonment. *Preslia*, 62(1), 27–36.
- Berg, P., Roy, H., Janssen, F., Meyer, V., Jørgensen, B. B., Huettel, M., & de Beer, D. (2014). Oxygen uptake by aquatic sediments measured with a novel non-invasive eddy-correlation technique. *Marine Ecology Progress Series*, 261, 75–83.
- Krásá, P. (2008). *TYPHA LATIFOLIA L. – orobinec širokolistý / pálka širokolistá*. BOTANY.cz. Retrieved April 27, 2025, from <https://botany.cz/cs/typha-latifolia/>
- Brinson, M. M. (1993). Changes in the functioning of wetlands along environmental gradients. *Wetlands*, 13(2), 65–74.
- Brix, H. (1994). Functions of macrophytes in constructed wetlands. *Water Science and Technology*, 29(4), 71–78.
- Bubier, J. L., Crill, P. M., Moore, T. R., Savage, K., & Varner, R. K. (1995). Atmospheric methane and carbon dioxide fluxes from a boreal peatland in Canada: Responses to increasing temperature. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 100(D1), 1147–1154. <https://doi.org/10.1029/94JD02644>
- Bridgman, S. D., Megonigal, J. P., Keller, J. K., Bliss, N. B., & Trettin, C. (2006). The carbon balance of North American wetlands. *Wetlands*, 26(4), 889–916.
- Carpenter, S. R., Caraco, N. F., Correll, D. L., Howarth, R. W., Sharpley, A. N., & Smith, V. H. (1998). Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications*, 8(3), 559–568.
- Chapin, F. S., Matson, P. A., & Mooney, H. A. (2002). *Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology*. Springer.
- Chmura, G. L., Kellman, L., & Guntenspergen, G. R. (2011). The role of restored marshes in carbon sequestration and climate change mitigation. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 91(3), 219–223.
- Chimner, R. A., & Cooper, D. J. (2006). Fens of the San Juan Mountains, Colorado, USA: Controls over the composition and structure of vegetation and ecohydrology. *Wetlands*, 26(2), 366–381.
- Čížková, H., Květ, J., Comín, F. A., Laiho, R., Pokorný, J., & Pithart, D. (2013). Actual state of European wetlands and their possible future in the context of global climate change. *Aquatic Sciences*, 75(1), 3–26.
- Davidson, N. C., Fluet-Chouinard, E., & Finlayson, C. M. (2019). Global extent and distribution of wetlands: Trends and issues. *Marine and Freshwater Research*, 70(9), 861–876. <https://doi.org/10.1071/MF18329>
- Duan, C., Wang, H., Zhang, Y., Wang, L., & Liu, Y. (2024). Effects of temperature and water level on seed germination of *Carex limosa*. *Acta Ecologica Sinica*, 44(1), 88–97.
- Dušek, J., Stellner, S., & Komárek, A. (2011). Long-term air temperature changes in a Central European sedge-grass marsh. *Ecology*, 92(8), 1602–1613.
- Dušek, J., Hudecová, Š., & Stellner, S. (2017). Extreme precipitation and long-term precipitation changes in a Central European sedge-grass marsh in the context of flood occurrence. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 62(11), 1796–1808.

- Dušek, J., Stellner, S., & Komárek, A. (2013). Long-term air temperature changes in a Central European sedge-grass marsh. *Ecohydrology*, 6(2), 182–190.
- Erwin, K. L. (2009). Wetlands and global climate change: The role of wetland restoration in a changing world. *Wetlands Ecology and Management*, 17(1), 71–84.
- Fu, W., Li, P., Wu, Y., & Bian, X. (2006). Diurnal dynamics of microclimate at different succession stages of vegetation communities in inner-river wetland of Zhenjiang City. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 17(9), 1699–1703.
- Fialová, Z. (2024). *Za vysychání mokřadů může lidská činnost, krajíně chybí vlhkost*. Zemědělec.cz. Retrieved April 27, 2025, from <https://zemedelec.cz/za-vysychani-mokradu-muze-lidska-cinnost-krajine-chybi-vlhkost/>
- Forejtek, P. (2020). Výzkumný ústav se ohradil, že by u Uherčic vysušením zničil mokřad. Ekolist.cz. Retrieved April 28, 2025, from <https://ekolist.cz/zpravodajstvi/zpravy/vyzkumny-ustav-se-ohradil-ze-by-u-uhercic-vysusenim-znicil-mokrad>
- Geiger, R., Aron, R. H., & Todhunter, P. (2009). *The climate near the ground*. Rowman & Littlefield.
- Haslam, S. M. (1972). Biological flora of the British Isles: Phragmites communis Trin. *Journal of Ecology*, 60(2), 585–610.
- Herbst, M., Kappen, L., Thiel, S., & Böhlmann, H. (2008). Fast direct CO<sub>2</sub> exchange between atmosphere and flooded wetlands. *Wetlands*, 28(3), 545–558.
- Hobbs, R. J., & Norton, D. A. (1996). Towards a conceptual framework for restoration ecology. *Restoration Ecology*, 4(2), 93–110.
- Keddy, P. A., Fraser, L. H., Solomeshch, A. I., Junk, W. J., Campbell, D. R., Arroyo, M. T. K., & Alho, C. J. R. (2009). Wet and wonderful: The world's largest wetlands are conservation priorities. *BioScience*, 59(1), 39–51.
- Keddy, P. A. (2010). *Wetland Ecology: Principles and Conservation* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Körner, C., & Basler, D. (2010). Phenology under global warming. *Science*, 327(5972), 1461–1462.
- Kellner, E., & Halldin, S. (1986). Water balance simulation of a willow-coppice evapotranspiration experiment. *Aquatic Botany*, 25, 217–227.
- Kopf, M., Jansen, F., Schindler, A., Huth, V., & Christen, O. (2023). Short-term peak methane emissions from tree stems: The role of flooding in *Alnus glutinosa*. *Plant-Environment Interactions*, 4(2), 67–77.
- Körner, C., & Hiltbrunner, E. (2018). The 90 ways to describe plant temperature. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 30, 16–21.
- Kurbatova, J., Li, C., Varlagin, A., Xiao, X., & Vygodskaya, N. (2008). Modeling carbon dynamics in two adjacent spruce forests with different soil conditions in Russia. *Biogeosciences*, 5(3), 969–980.
- Kuzovkina, Y. A., & Quigley, M. F. (2005). Willows beyond wetlands: Uses of *Salix* L. species for environmental projects. *Water, Air, and Soil Pollution*, 162(1–4), 183–204.
- Larcher, W. (2003). *Physiological plant ecology*. Springer Science & Business Media.
- Lafleur, P. M., Moore, T. R., Roulet, N. T., & Froking, S. (2005). Ecosystem respiration in a cool temperate bog depends on peat temperature but not water table. *Ecosystems*, 8(6), 619–629.
- Mathews, P. R., et al. (2021). Wetland Ecosystem – Interplay of Factors Influencing Microclimate. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 6(6), 304–312.
- Mauchamp, A., Blanch, S., & Grillas, P. (2001). Effects of submergence on the growth of *Phragmites australis* seedlings. *Aquatic Botany*, 69(2–4), 147–164.

- McVean, D. N. (1956). Ecology of *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.: I. Fruit setting, seed distribution and germination. *Journal of Ecology*, 44(1), 195–218.
- \*Mejdová, M. (2021). Ekofyziologie fotosyntézy mokřadních travin. Disertační práce, Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce: Mgr. Jiří Dušek, Ph.D
- Mitsch, W. J., & Gosselink, J. G. (2015). *Wetlands*. Wiley.
- Moomaw, W. R., Chmura, G. L., Davies, G. T., Finlayson, C. M., Middleton, B. A., Perry, J. E., & Roulet, N. (2018). Wetlands in a changing climate. *Ambio*, 47, 761–773.
- Moore, T. R., Roulet, N. T., & Waddington, J. M. (2011). Uncertainty in predicting the effect of climatic change on the carbon cycling of Canadian peatlands. *Climate Change and Managed Ecosystems*, 2, 29–38.
- Pokorný, J., & Kučerová, H. (2000). Vegetační porost krajiny a vodní hospodářství. In *Lidé a ekosystémy – sborník ze semináře konaného 14.9.2000 v Praze* (s. 6–9). Centrum pro otázky životního prostředí Univerzity Karlovy v Praze a Společnost pro trvale udržitelný život.
- Rouse, W. R., Carlson, D. W., Weick, E. J., & Gustafson, A. B. (1992). Energy balance across the willow–birch transition in central Canada. *International Journal of Climatology*, 12(2), 207–219.
- Saarinen, T. (1996). Biomass and production of two vascular plants in a boreal mesotrophic fen. *Annales Botanici Fennici*, 33(3), 163–174.
- Stoffel, M., Schuldt, B., & Präger, A. (2021). Growth response of *glutinosa* to rewetting and flooding in a North German fen. *Frontiers in Plant Science*, 12, 788106.
- Szilágyi, J., Kovács, Á., & Kalicz, P. (2016). Practical use of *Phragmites australis* to study evapotranspiration in a wetland zone of Lake Balaton, southwest Hungary. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 12(2), 125–134.
- Tian, H., Banger, K., Bo, T., & Dadhwal, V. K. (2012). History of land use in India during 1880–2010: Large-scale land transformations reconstructed from satellite data and historical archives. *Global and Planetary Change*, 94–95, 1–14.
- Tóth, A., Hüse, B., & Tóth, K. (2021). Seasonal dynamics of vegetation and its relationship to microclimate in a temperate wetland. *Ecological Indicators*, 121, 107092.
- Tsiouris, S., Gikas, G. D., & Tsihrintzis, V. A. (2018). Evapotranspiration and crop coefficient for *Typha latifolia* in constructed wetlands. *Journal of Environmental Management*, 220, 33–43.
- Turetsky, M. R., Wieder, R. K., Halsey, L. A., & Vitt, D. H. (2002). Current disturbance and the diminishing peatland carbon sink. *Geophysical Research Letters*, 29(11), 1526.
- Wang, G., Li, X., Zhang, Y., & Chen, H. (2024). Effects of *Phragmites australis* growth parameters on surface water thermal regimes in temperate wetlands. *Science of the Total Environment*, 902, 166128.
- Walker, L. R., & del Moral, R. (2003). *Primary Succession and Ecosystem Rehabilitation*. Cambridge University Press.
- Witynski, P. (2021). *Successional dynamics in temperate wetland plant communities: Patterns, processes, and drivers*. *Wetlands Ecology and Management*, 29(4), 567–584
- Yuan, Z., Zhang, L., Li, X., & Wang, G. (2021). Response of *Phragmites australis* to nutrient enrichment: A mesocosm study. *Science of the Total Environment*, 752, 142303.
- Zedler, J. B. (2003). *Wetlands: Functions, Biodiversity, Conservation*. Springer.
- Zedler, J. B., & Kercher, S. (2005). Wetland resources: Status, trends, ecosystem services, and restorability. *Annual Review of Environment and Resources*, 30(1), 39–74.

- Zhang, H., Liu, F., Wang, Q., & Jiang, M. (2020). Effects of groundwater depth on growth and reproduction of *Carex cinerascens* in the Poyang Lake wetland, China. *Ecology and Evolution*, 10(12), 5682–5692.
- Zhang, J., Zhao, Y., & Wang, X. (2018). Evapotranspiration of a willow cultivar (*Salix miyabeana* SX67) grown in a full-scale treatment wetland. *Ecological Engineering*, 115, 123–132.
- Zhao, Y., Zhang, L., Ni, G., & Han, W. (2020). Plant species richness increases with light availability but not productivity: Analysis of understory vegetation in forests. *BMC Ecology*, 20(1), 1–11.