

# Šumavská rašeliniště a jejich mikrobiální společenstva pod vlivem dlouhodobého odvodnění

**Rašeliniště tvoří významnou součást šumavské krajiny a do značné míry určují její jedinečnou podobu (viz také Živa 2013, 5: 220–222). Představují výjimečné ekosystémy se specifickými funkcemi, jako je akumulace organické hmoty v podobě rašeliny, která tak tvoří úložiště uhlíku z atmosféry. Díky extrémním podmínkám jsou rašeliniště domovem mnoha vzácných druhů rostlin a živočichů, avšak i pod povrchem půdy najdeme jedinečná mikrobiální společenstva, která stojí za specifickými půdními procesy, jež zde probíhají. Výskyt rašelinišť se bohužel ale často neslučoval s lidskými aktivitami, a proto docházelo k jejich intenzivnímu odvodňování – s jeho následky se potýkáme dodnes. Záměrem následujícího článku je seznámit s významem rašelinišť, jejich rolí v cyklu uhlíku a s vlivem dlouhodobého odvodnění různých typů rašelinišť na jejich fungování a mikrobiální společenstva.**

Rašeliniště obecně představují jedinečný ekosystém charakteristický trvale vysokou hladinou vody blízko povrchu. Nadbytek vody je klíčovým parametrem pro vznik a fungování rašeliniště. Hlavním rysem odlišujícím rašeliniště od ostatních ekosystémů je hromadění množství organické hmoty v podobě rašeliny po staletí až tisíciletí. Děje se tak právě díky vysoké hladině vody, která zpřičiňuje velmi pomalý rozklad organické hmoty a její ukládání. Rašeliniště tedy hrají významnou roli v globálním cyklu uhlíku, kdy fungují jako zásobárna uhlíku fixovaného z atmosférického oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>), uloženého v nerozložené rostlinné biomase (Živa 2016, 2: 56–60). Na druhou stranu jsou

zdrojem metanu (CH<sub>4</sub>), jenž vzniká ve vodou nasycených vrstvách rašeliny. Oba tyto plyny patří mezi skleníkové plyny, jejichž koncentrace v atmosféře ovlivňuje teplotu na Zemi. Přestože rašeliniště pokrývají pouhých 3 % zemského povrchu, množství v nich nahromaděného uhlíku je s ostatními ekosystémy nesrovnatelné. Udává se, že je v nich uložena až třetina světových zásob uhlíku v půdě – to odpovídá přibližně polovině uhlíku nacházejícího se v atmosféře. Z tohoto důvodu je důležité porozumět, jak se fungování rašelinišť, a tedy i toky uhlíku mění vlivem lidské činnosti, např. po odvodnění, a jaká může být jejich reakce na změny klimatu. Protože za přeměnami organické hmoty a živin

stojí hlavně mikrobiální společenstva, je nezbytným předpokladem poznání jejich složení a funkcí.

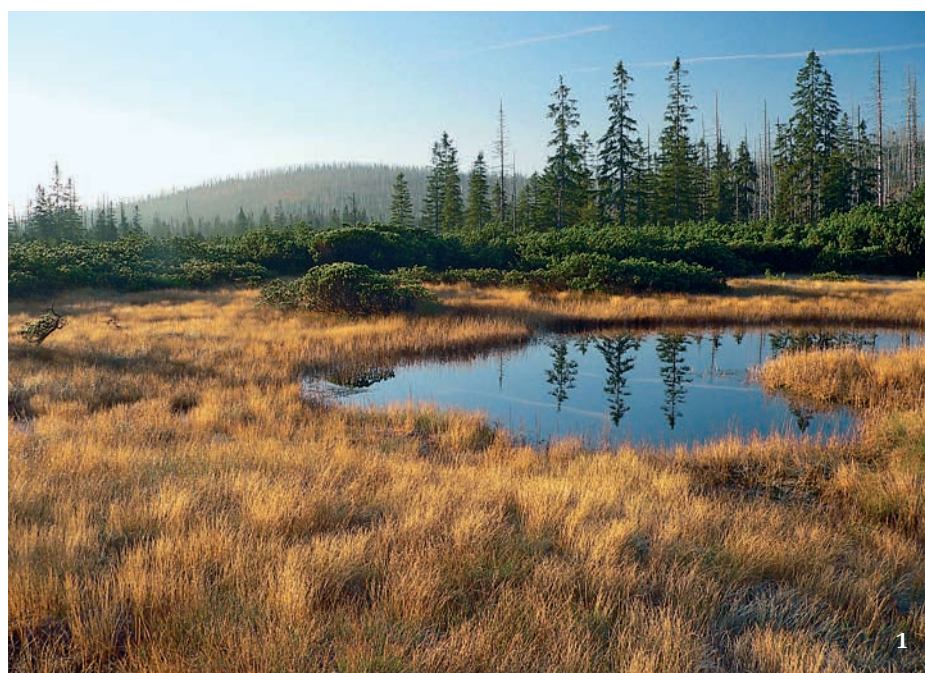
Rašeliniště jsou ekosystémy vyskytující se ve všech zeměpisných šířkách na planetě, avšak nevhodnější podmínky pro jejich vznik a rozvoj najdeme v boreální zóně. Tam se také nachází většina (80 %) rašelinišť na světě. Mezi oblasti s nejrozsáhlejším výskytem patří Západosibiřská nížina, Skandinávie, Kanada nebo Aljaška. V rámci střeoevropských podmínek představuje oblast s velkým podílem rašelinišť Šumava, např. na šumavských pláních dosahuje srovnatelné úrovně se skandinávskými zeměmi (až 22 % území).

Ke vzniku rašelinišť je potřeba nepropustné podložky a dostatečný přísun vody, který převyšuje výpar. Kvůli nasycení půdního profilu vodou se dostupnost kyslíku v půdě omezuje pouze na povrchové vrstvy a většina procesů probíhajících v půdě je bez účasti kyslíku, tedy anaerobních. Odumřelý rostlinný materiál, který se na povrchu půdy běžně hromadí, je tedy částečně rozložen za přítomnosti kyslíku, ale jakmile dosáhne nižších zaplavených vrstev, rozklad se výrazně zpomalí. Rozkladné procesy jsou zajišťovány mikroorganismy, které touto činností vracejí CO<sub>2</sub> do atmosféry. Ale bez přístupu kyslíku probíhá rozklad organické hmoty mnohonásobně pomaleji a u složitých komplexních látek, jako je celulóza či lignin, se stává téměř nemožným. Dochází proto k hromadění organické hmoty v podobě rašeliny. K nízké úrovni rozkladu přispívají i další faktory včetně samotných rostlin. Rašeliniště jsou obecně velmi chudé ekosystémy s nízkou dostupností základních prvků, jako je dusík a fosfor, takže i místní na živiny velice chudý rostlinný opad obsahuje mnoho těžko rozložitelných látek. Navíc mnohé typické rašeliništní rostliny (jako např. suchopýry – *Eriophorum* spp.) velmi efektivně recyklují živiny ve své biomase a z odumírajících částí zpětně vstřebávají (resorbují) většinu živin.

Nízká kvalita opadu rovněž snižuje mikrobiální aktivitu. Klíčovou roli v těchto procesech hraje rašelíník (*Sphagnum*), který aktivně napomáhá oxyselování rašeliniště uvolňováním vodíkových iontů do okolí a zabudováváním dostupných živin do své biomasy. Také odumřelý opad rašelíníků, který bývá hlavní složkou rašeliny, je jen těžko rozložitelný. Specifické anaerobní prostředí spolu s nízkou dostupností živin, vysokou kyselostí prostředí a často i nízkou teplotou tak formují složení a fungování mikrobiálního společenstva, které bývá velmi odlišné od běžného aerobního půdního prostředí. S tím se pojí specifické procesy v rašeliništích – výše zmíněná produkce metanu, různé redukční nebo fermentační procesy.

## Typy šumavských rašelinišť a jejich odlišnosti

Šumavská rašeliniště jsou mozaikovitě roztroušena v lesních komplexech i na otevřených plochách. V závislosti na místních podmínkách a hydrologickém režimu se zde vyvinulo několik typů, které se liší hydrologicky, dostupností živin, kyselostí, druhovým složením, ale i celkovým fungováním ekosystému, což se odráží v množství





1 Pohled na typické horské vrchoviště s jezírky na Šumavě. Blatenská sláť

2 Interiér rašelinné smrčiny s různorodou povrchovou strukturou, kde se střídají rašeliníky (*Sphagnum* spp.) s porosty suchopýru pochvatého (*Eriophorum vaginatum*) a brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*). Stromové patro je rozvolněné a nízké. Rašelinná smrčina poblíž Filipovy Huti

3 Minerotrofní (sycené podzemní vodou) ostřicové rašeliníště s dominantní ostřicí zobánkatou (*Carex rostrata*) v okolí Jezerní slati

4 Schéma znázorňující rozdíly v mikrobiální diverzitě a zastoupení hlavních skupin bakterií v různých typech rašeliníšť v souvislosti s podmínkami prostředí, jako je pH nebo dostupnost živin. To se odráží i v odlišné mikrobiální aktivitě a rychlosti rozkladu. Pod hladinou vody dochází k hromadění organické hmoty ve formě rašeliny, rašeliníště fungují jako zásobárna uhlíku.

5 Schematické znázornění změn na různých typech rašeliníšť způsobených dlouhodobým odvodněním. Snížení hladiny vody je následováno změnami ve vegetaci, diverzitě a složení mikrobiálního společenstva. Provzdušnění svrchních vrstev rašeliny vede k jejímu rozkladu, neukládá se nová rašelina, rašeliníště se tedy stávají zdrojem uhlíku uvolňujícího se do atmosféry.

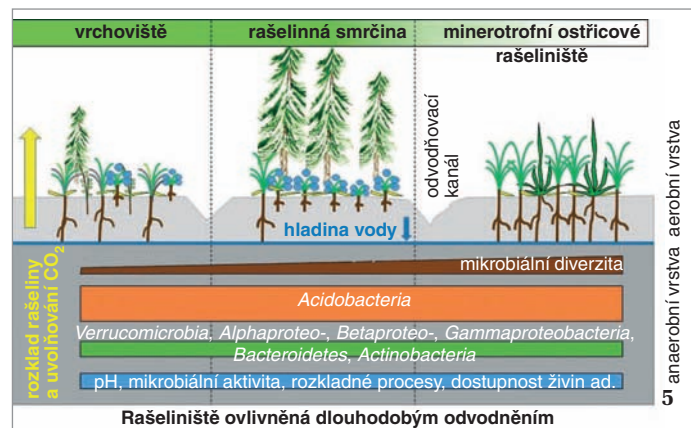
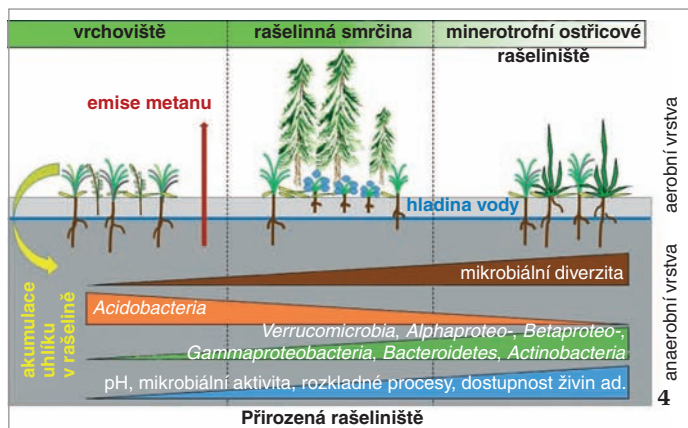
a kvalitě nahromaděné rašeliny. Vzhledem k poměrně monotónnímu geologickému podloží s převahou kyselých hornin je většina místních typů rašeliníšť spíše kyselého charakteru s nízkou druhovou diverzitou, bez výskytu bohatých slatinišť. I tak můžeme na Šumavě rozlišit dva základní typy – ombrotrofní vrchoviště a minerotrofní rašeliníště. Ombrotrofní vrchoviště představuje ekosystém, který získává vodu a živiny z naprosté většiny ze srážek, charakterizuje ho proto velmi nízká dostupnost minerálních živin a velmi nízké pH (4 a méně). Tyto vlastnosti jsou určující nejen pro specifickou vegetaci s dominantními porosty rašeliníků, suchopýrku trsnatého (*Trichophorum cespitosum*) a zakrslých keříčků, ale i pro mikrobiální aktivitu a rozklad organické hmoty, jež vlivem těchto podmínek probíhají extrémně pomalu. Proto dochází na vrchovištích k významné akumulaci organické hmoty v podobě rašeliny o mocnosti i několika metrů (až 8 m), nahromaděné od dob posledního glaciálu, kdy začala vznikat většina šumav-



ských rašeliníšť. Např. horská vrchoviště z oblasti šumavských plání jsou nápadná členitostí, kdy se na jejich povrchu střídají zaplavené mělké prohlubně (šlenky) s vyvýšenými suššími kopečky (bulvy) a často se zde nacházejí jezírka (obr. 1 a na 2. str. obálky). Údolní vrchoviště vyskytující se především v Hornovltavské kotlině jezírka postrádají a liší se i druhovým složením vegetace a dalšími vlastnostmi, avšak jejich popisu se následující text nevěnuje.

Minerotrofní rašeliníště, sycená podzemní vodou a tedy minerálně bohatší, naopak poskytují příznivější podmínky pro růst rostlin a mikroorganismů. Tato rašeli-

niště byla v minulosti mnohdy přehlížena. Jde většinou o rašelinné smrčiny (obr. 2) nebo nelesní ostřicové rašeliníště (obr. 3) a slatinné louky, které vznikaly na místě sekundárního bezlesí. Bývají méně kyselá (pH okolo 4,5–5,5) s mělkou vrstvou rašeliny (1–2 m), zpravidla hodně zvodnělou. Rovněž bývají druhově bohatší, s výskytem ostřic (*Carex*) a mnoha i vzácných druhů bylin, jejichž opad je snáze rozložitelný než rostlinný opad vrchovištních druhů. Spolu s vyšší úživností (trofií) stanovíště to vede k vyšší mikrobiální aktivitě, rozkladu, a tedy i k celkově menšímu množství rašeliny v ekosystému. Především





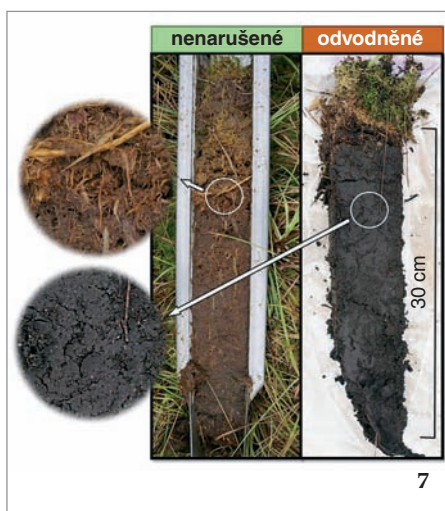
rašelininné smrčiny byly v minulosti opomíjeným ekosystémem, který kombinuje prvky minerotrofního rašeliniště a zonálního lesa. Jsou cenné pro velkou prostorovou různorodost, kdy na malé ploše najdeme celou škálu mikroprostředí, jako jsou vyvýšené suché části s lesními suchomilnějšími druhy nebo naopak extrémně zvodnělé plošky pouze s rašelínkem, mezi nimiž vynikají porosty suchopýru pochvateého (*Eriophorum vaginatum*) nebo ostříc.

Bohužel právě minerotrofní rašeliniště se stávala předmětem zájmu lidské činnosti a odvodněním byla začleňována do lesních či zemědělských systémů. V současné době často nacházíme jen fragmenty těchto ekosystémů, do různé míry ovlivněné ztrátou vody. Naopak vrchoviště, jejichž přímé využití kromě těžby rašeliny nebylo tak snadné, častěji zůstala nedotčená nebo jen částečně narušená odvodněním, a poměrně brzy začínala být pro svou jedinečnost chráněna.

### Mikrobiální společenstva rašelinišť a jejich funkce

Mikrobiální společenstva, podobně jako vegetace, odrážejí rozdílné stanovištní podmínky a liší se mezi různými typy rašelinišť. Kyselá vrchoviště jsou charakteristická nízkou druhovou pestrostí mikrobiálního společenstva, jež se zvyšuje společně s rostoucím pH a dostupností živin, jako v případě minerotrofních rašelinišť. Pro rašelinné smrčiny nebylo donedávna známo, kde se na tomto živinovém gradientu nacházejí. Avšak poslední výzkumy právě ze šumavských rašelinišť přispěly k lepšímu poznání tohoto opomíjeného typu, jehož mikrobiální diverzita je na přechodu mezi vrchovišti a minerotrofními nalesními ostřicovými rašeliništi. Pokud se podrobněji podíváme na složení mikrobiálního společenstva obecně v rašeliništích, jako nejčtenější zástupce bakterií zde najdeme druhy ze skupiny *Acidobacteria* a *Proteobacteria*, další patří především do skupin *Actinobacteria*, *Verrucomicrobia*, *Planctomycetes*, *Chloroflexi*, *Chlorobi* nebo *Firmicutes* (obr. 4).

Acidobakterie jsou dobře přizpůsobeny kyselým podmínkám rašelinišť, schopny růst i v prostředí s velice nízkou dostupností živin a uhlíku. Naopak proteobakterie jsou spojovány již s vyšší dostupností uhlíku. Proto rozdílné zastoupení těchto dvou hlavních skupin odráží různé podmínky v rašeliništích (pH a dostupnost živin) a jejich poměr se používá jako indikátor živinového statusu ekosystému. Relativní zastoupení proteobakterií v případě šumavských rašelinišť se zvyšuje od nejnchudších vrchovišť přes rašelinné smrčiny po nelesní ostřicová rašeliniště. Tento trend vykazují i ostatní skupiny bakterií s výjimkou acidobakterií. Přestože *Acidobacteria* představují poměrně velkou skupinu, její zástupci bývají většinou anaerobní s nepříliš velkou variabilitou metabolismu a pravděpodobně se účastní rozkladu celulózy a jiných aromatických sloučenin. Naopak *Proteobacteria* jsou pestrá skupina vykazující mnoho životních stylů, její zástupci mohou žít v různých typech rašelinišť a účastnit se řady procesů. Např. *Delta*proteobacteria tvoří klíčovou skupinu vrchovišť díky schopnosti fermentace (kva-



šení) či redukce sulfátů a železa. Patří mezi ně i specifická skupina *Syntrophobacteriales*. To jsou často anaerobní bakterie schopné fermentace, jejíž produkty pak slouží jako substrát pro další skupiny mikroorganismů, které na jejich aktivitě závisí. Vedlejším produktem jejich metabolismu je mimo jiné vodík, který využívají metanogenní archea nebo acetogenní bakterie, rozkládající složitější organické kyseliny na kyselinu octovou, vodík a oxid uhličitý.

Doménu Archea v rašeliništích zastupují převážně metanogenní skupiny. Pro svou existenci vyžadují stabilní anaerobní podmínky (kyslík je pro ně toxický) a jako zdroj substrátu využívají jednoduché uhlíkaté sloučeniny v podobě  $\text{CO}_2$ , acétátu nebo metylové sloučeniny. Koncovým produktem jejich metabolismu je právě metan a  $\text{CO}_2$ . Rašeliniště se tedy působením metanogenních archeí stávají zdrojem metanu v atmosféře, který je několikanásobně účinnější skleníkový plyn ve srovnání s  $\text{CO}_2$  díky vyšší absorpci dlouhovlnného záření. Udává se, že metan přispívá až z 20 % ke skleníkovému efektu. Musíme si ale uvědomit, že téměř tři čtvrtiny světových emisí metanu pocházejí z lidské činnosti (obecně je kladen velký důraz na snížení emisí metanu z různých aktivit člověka) a pouze čtvrtina z přírodních zdrojů, jako

6 Odvodňovací kanál vyhloubený až na minerální podloží. Černohorský močál

7 Změny ve struktuře rašeliny způsobené dlouhodobým odvodněním. Ve vzorku rašeliny z nenarušeného minerotrofního ostřicového rašeliniště lze rozeznat nerozložené zbytky rašeliničků a ostříc. Rašelina je načechraná, pórovitá, s vysokým podílem vody (až 95 %). Naopak ve vzorku rašeliny z minerotrofního ostřicového rašeliniště po 50 letech odvodnění jsou veškeré rostlinné zbytky zcela rozložené, rašelina se stala vysoce kompaktní a má nižší podíl vody (ca 70 %).

8 až 10 Různé podoby odvodněného vrchoviště. Středně narušené vrchoviště s částečně zachovalou vegetační strukturou se suchopýrkem trsnatým (*Trichophorum cespitosum*, obr. 8). Silně degradované vrchoviště porostlé keříčkovitou vegetací ve vzrostlými jedinci smrku ztepilého (*Picea abies*) a borovicí klečí (*Pinus x pseudopumilio*, 9); oproti tomu degradované vrchoviště zarostlé borovicí klečí, kde ale bylinnému patru stále dominuje suchopýrek trsnatý (10).

jsou právě různé typy mokřadů. Metan se do atmosféry z rašelinišť uvolňuje více způsoby, a to přes provzdušňovací pletiva rostlin, prostou difuzi nebo náhlým uvolňováním bublin plynu z vrstev rašeliny. Provzdušňovací pletiva (aerenchym) umožňují rostlinám přežít v zaplavené půdě bez kyslíku tím, že aerenchymem je kyslík transportován z atmosféry ke kořenům, avšak v opačném směru těmito pletivy uniká po koncentračním spádu metan do atmosféry. Četnější zastoupení ostřicovitých rostlin na minerotrofních rašeliništích přispívá k vyšším emisím metanu do atmosféry ve srovnání s vrchovišti. Zároveň tyto rostliny dodávají snadno dostupný substrát svými kořeny do půdy, podporují úroveň mikrobiální aktivity, a tedy i vyšší produkci metanu.

Další cestou metanu z půdy do atmosféry je prostá difuze přes rašelinu, při níž může dojít k oxidaci metanu v povrchových provzdušňovacích vrstvách rašeliny díky přítomnosti metanotrofních bakterií.





Tyto bakterie představují velmi důležitou funkční skupinu, využívající metan jako zdroj uhlíku a významně snižující emise tohoto plynu z mokřadů do atmosféry. Náleží především do skupiny *Proteobacteria*, konkrétně nejpočetněji zastoupena je čeleď *Methylocystaceae* z třídy *Alphaproteobacteria*. Přítomnost této skupiny metanotrofních bakterií je charakteristická pro všechny mokřady, kde vzniká metan, protože obecně upřednostňují vyšší koncentrace tohoto plynu. Zajímavostí je, že další skupiny metanotrofních bakterií se vyskytují téměř ve všech provzdušněných půdách, kde oxidují metan, který je naopak ve vzduchu, a tím napomáhají k udržení jeho nižší koncentrace v atmosféře.

### Vliv odvodnění

Odvodnění rašelinišť na Šumavě probíhalo za účelem těžby rašeliny, kultivace půdy pro zemědělské účely nebo pro zvýšení produkce dřeva v podmáčených lesních porostech již od 14. stol., avšak intenzivněji až

od počátku 19. stol. Velká část rašelinišť na Šumavě byla poznamenána především odvodněním, jehož rozsah byl značný již na přelomu 19. a 20. stol., a to i v poměrně odlehlých příhraničních oblastech. Na stávající hustou síť odvodňovacích příkopů navázaly v druhé polovině 20. stol. velmi důkladné meliorace celých povodí v rámci intenzifikace výroby zemědělství a lesnictví, které výrazně narušily hydrologický režim krajiny a její schopnost zadržovat vodu. Výsledky průzkumu stavu rašelinišť v 90. letech 20. stol. pak ukázaly, že 70 % všech šumavských rašelinišť je v různé míře narušeno odvodněním a dochází k jejich degradaci.

Jak jsme již výše vysvětlili, pro fungování rašelinišť je naprosto klíčová trvale vysoká hladina vody. Dojde-li k jejímu snížení, naruší se postupně fungování celého rašeliništního ekosystému. Pokles hladiny vody a její rozkolísání vlivem odvodnění je následováno zvýšenou rychlostí rozkladu nahromaděné rašeliny, najednou vy-

stavené aerobním procesům. Dochází ke změně fyzikální struktury rašeliny – sesedá, ztrácí pórovitost a s tím schopnost zadržovat velké množství vody (obr. 7). Zároveň se s postupujícím rozkladem mění její chemické vlastnosti, do odtékající vody jsou vyplavovány živiny a rašelina se dále okyseluje. Podél odvodňovacích rýh může docházet i k erozi, ještě prohlubující efekt odvodnění. Unášené částičky rašeliny, ale i změny v kvalitě odtékající vody nesvědčí mnoha vodním živočichům žijícím v tocích, do nichž přitéká voda z odvodněných rašelinišť.

Následují změny v druhovém složení rostlinného společenstva odvodněných rašelinišť. Původní vlhkomilné druhy jsou nahrazovány keříky, stromy nebo travinami z okolí, jež zvyšují výpar a dále prohlubují pokles hladiny vody a rozklad rašeliny. Rašelintolerantní druhy ustupují, čímž je zcela potlačen proces hromadění rašeliny. V případě horských vrchovišť mizejí mezi prvními mělké zaplavené šlenky s vysoce specializovanými druhy, jako je blatnice bahenní (*Scheuchzeria palustris*) nebo ostrice bažinná (*C. limosa*). Odvodněná vrchoviště často zarůstají borovicí klečí (*Pinus x pseudopumilio*), b. blatkou (*P. uncinata* subsp. *uliginosa*) nebo smrkem ztepilým (*Picea abies*), kterému se ale i přes odvodnění na vrchovištích příliš nedaří (obr. 8–10). Vrchoviště si nicméně dokážou i po odvodnění alespoň částečně svou podobu udržet. Některé k suchu tolerantnější rašeliništní druhy rašeliničků a keříků, např. vlochně bahenní (*Vaccinium uliginosum*), zde přežívají a změny v jejich fungování nejsou tak dramatické jako v případě minerotrofních rašelinišť. Jak jsme již popsali, rašelina vrchovišť je velmi kyselá, chudá na živiny a rostlinný opad těžko rozložitelný i za aerobních podmínek po odvodnění, právě proto zde změna vodního režimu vede k menším změnám v povrchové vrstvě rašeliny ve srovnání s minerotrofními rašeliništi (ale mění se struktura rašeliny a její hydrochemické vlastnosti). Avšak schopnost akumulovat uhlík je tím významně narušena a v podstatě se neukládají nové vrstvy rašeliny.





Naopak rašelina minerotrofních rašelinišť se po provzdušnění snadno rozkládá díky vyššímu obsahu živin. Proto dochází k intenzivním změnám ve vlastnostech rašeliny i ve vegetaci a veškeré funkce rašeliniště jsou vážně porušeny nebo zcela ztraceny. Rašelinné smrčiny se po odvodnění přeměňují v běžný hustý smrkový les s brusnicí borůvkou (*Vaccinium myrtillus*) v podrostu a druhy jako rašeliničky a vzácná orchidej bradáček srdčitý (*Listera cordata*) zde přežívají pouze v odvodňovacích kanálech s dostatkem vody (obr. 11).

Nejdramatičtější změny po odvodnění asi prodělávají nelesní ostřicová rašeliniště. Původní druhy rostlin jsou kompletně nahrazeny lučními společenstvy ostřic a travin, často s dominantním bezkolencem modrým (*Molinia caerulea*) nebo ostřicí třeslicovitou (*C. brizoides*, obr. 12). Bez rýpnutí lopatkou do půdy bychom vůbec nepoznali, že šlo dříve o rašeliniště. Po odvodnění je vlivem zvýšeného rozkladu uhlík po mnoho století hromaděný v rašelině uvolňován zpět do atmosféry v podobě CO<sub>2</sub> a množství uvolněného CO<sub>2</sub> závisí na intenzitě odvodnění a místních podmínkách každého rašeliniště. Ztráta schopnosti ukládat novou rašelinu je však společná pro všechny typy rašelinišť narušené odvodněním.

Změny v hydrologickém režimu, vegetaci a provzdušnění rašeliny se odrazí i v mikrobiálním společenstvu. Obdobně jako vegetace, mikrobiální společenstvo, tedy i fungování rašeliniště, odráží svými změnami po odvodnění živinový gradient mezi různými typy rašelinišť. Od chudých vrchovišť s minimálními změnami po nelesní ostřicová rašeliniště, kde nastávají výrazné posuny ve složení a aktivitě společenstva. Na minerotrofních rašeliništích celková druhová diverzita vlivem dlouhodobého odvodnění významně klesá a skupina *Acidobacteria* se zde stává dominantní. Výrazný pokles v zastoupení byl zaznamenán především u skupin bakterií jako *Proteobacteria*, *Verrucomicrobia* a *Bacteroidetes*. Ochuzené mikrobiální společenstvo se svým druhovým složením přiblížilo společenstvu na vrchovišti. To pravděpodobně souvisí s poklesem pH a výrazně omezenou rozložitelností zbývající rašeliny (tedy nízkou dostupností substrátu pro mikroorganismy) po odvodnění trvajícím několik desetiletí. Povrchová vrstva rašeliny na minerotrofních rašeliništích je již tak rozložena a ochuzena, že v ní nezbývá mnoho dostupných živin pro mikroorganismy – to značně limituje jejich aktivitu a diverzitu. Přítomné anaerobní mikroorganismy jsou zatlačeny do hlubších vrstev rašeliny, kde přetrvávají anaerobní podmínky, k čemuž dochází na všech typech odvodněných rašelinišť. Avšak i zde jejich aktivitu výrazně omezuje nízká dostupnost živin. Proto i metanogenní archea po odvodnění vykazují nízkou až nulovou aktivitu a jejich početnost značně klesá (až o 99 %) ve srovnání s nenarušenými rašeliništi. Tedy i emise metanu z odvodněných rašelinišť zůstávají velmi nízké až nulové. Pokles produkce metanu by se mohl zdát jako přínosný efekt odvodnění, ale druhou stranou mince je, že dochází k intenzivnímu aerobnímu rozkladu provzdušněné vrstvy rašeliny, a tím k uvolňování



11 Odvodněná rašelinná smrčina s monotónním porostem smrku a borůvkou v podrostu, rašeliničky přežívají pouze v odvodňovací rýze (viditelné v pravé dolní části snímku).

12 Silně odvodněné minerotrofní ostřicové rašeliniště, kde dominují ostřice obecná (*C. nigra*), smilka tuhá (*Nardus stricta*), bezkolenc modrý (*Molinia caerulea*) a metlice trsnatá (*Deschampsia cespitosa*). Původní rašeliništní druhy se zde vyskytují ojediněle ve vlhčích prohlubních. Snímky a orig.: Z. Urbanová

obrovského množství CO<sub>2</sub>. Pokles emisí metanu proto rozhodně nevyrovnává množství uvolněného CO<sub>2</sub> do atmosféry. Odvodněním a narušením rašelinišť tedy přispíváme k narůstající koncentraci CO<sub>2</sub> v atmosféře.

Výsledky z dlouhodobě odvodněných rašelinišť ukazují, že z hlediska mikrobiál-

ního složení mizejí rozdíly mezi různými typy rašelinišť. V původně minerálně bohatších typech (rašelinné smrčiny, ostřicová rašeliniště) dochází vlivem odvodnění k výraznému ochuzení mikrobiální diverzity, která se tak přibližuje chudé mikrobiální struktuře vrchovišť. Tyto výsledky zároveň ukazují poměrně dobrou odolnost vrchovištních ekosystémů ke změnám ve vodním režimu – i po několika desetiletích si vrchoviště dokázala udržet původní mikrobiální složení a vlastnosti. Naopak minerotrofní rašeliniště reagují na změny ve vodním režimu citlivě – úbytek vody způsobuje jejich kompletní přeměnu jak z hlediska vegetace, tak složení mikrobiálního společenstva. Obecně ale pro všechny typy rašelinišť platí, že vlivem odvodnění dochází ke ztrátě funkcí, jako je akumulace rašeliny a uhlíku nebo usměňování toku vody a živin, které tyto ekosystémy v přirozeném stavu krájině poskytují.

Otázkou zůstává, do jaké míry jsme dnes schopni nejrůznějšími revitalizačními opatřeními tyto cenné funkce obnovit. Na Šumavě již od r. 1999 probíhá Program revitalizace rašelinišť, jehož hlavním cílem je obnova hydrologického režimu rašelinišť zablokovaným odvodňovacích kanálů, a tím obnovení rašelintvorných procesů (viz také výše uvedený článek v Živě 2013, 5). Naše první výsledky ukazují pozitivní odpověď na tyto zásahy, bude však trvat pravděpodobně několik desetiletí, než se podaří zcela obnovit vegetační struktura rašelinišť, charakteristické mikrobiální procesy a tím i proces hromadění rašeliny.

Výzkum byl prováděn v rámci výzkumného projektu Grantové agentury České republiky (č. 14-17403P).

Seznam použité literatury najdete na webové stránce Živý.

