

Interreg projekt č. 26: Silva Gabreta Monitoring – Realizace přeshraničního monitoringu biodiversity a vodního režimu

**Výsledky, zhodnocení využitelnosti monitoringu a doporučení
pro společný monitoring přeshraničních národních parků
(NP Šumava, NP Bavorský les)**



Ziel ETZ | Cíl EÚS
Freistaat Bayern –
Tschechische Republik
Česká republika –
Svobodný stát Bavorsko
2014 – 2020 (INTERREG V)



**Europäische Union
Evropská unie**
Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung
Evropský fond pro
regionální rozvoj



Význam zájmového území

Lesy

Území české i bavorské Šumavy vytváří nejrozsáhlejší lesní komplex ve střední Evropě. Toto mimořádně hodnotné území je domovem mnoha chráněných a ohrožených druhů, a jeho celospolečenská hodnota je potvrzena v jeho dvojím ochranném statutu. Na obou stranách hranice se rozkládají národní parky (NP) a území soustavy NATURA 2000. S celkovou rozlohou přes 90 000 ha tvoří vzhledem k úplnosti a stavu přítomných předmětů ochrany největší a nejvýznamnější evropské území chránící tento typ přírodních stanovišť v kontinentálním biogeografickém regionu. V této oblasti je chráněno více než 25 přírodních stanovišť NATURA 2000. Typickými biotopy tohoto regionu jsou horské smrčiny a smíšené horské lesy, různé druhy rašelinišť, otevřená stanoviště horských smilkových luk, a také sladkovodní společenstva. Nejvýznamnější biotopy jsou: Bukové lesy 9110 a 9130 (ass. *Luzulo-Fagetum*, ass. *Asperulo-Fagetum*), 9410 Acidofilní smrčiny (ass. *Piceion excelsae*), 7110 Aktivní vrchoviště (ass. *Leiko-Scheuchzerion palustris*), 91D0 Rašelinné lesy (ass. *Dicrano-Pinion*), and 6230 Druhově bohaté smilkové louky na silikátových podložích v horských oblastech (ass. *Nardo-Agrostis tenuis*).

Horský smíšený les, nejčastěji se v území vyskytuje ass. *Luzulo-Fagetum*, pokrývá 40% plochy Bavorského NP a je typickým lesním ekosystémem pro krajinu bavorsko-českého pohraničí. Je to přirozené lesní společenství vyskytující se pod 1150 m n. m. Mezi hlavní dřeviny patří buk, jedle a smrk. Přirozené horské smrčiny rostou v nejvyšších polohách Šumavy a jsou typickým lesem bavorsko-české pohraničního pásma v polohách nad 1150 m n. m. Ve sdíleném prostoru obou NP se rozprostírají nejrozsáhlejší porosty horských smrčín ve střední Evropě. Přírodní disturbance, vichřice spolu se kůrovcovými gradacemi často způsobují odumírání stromového patra v horských smrkových lesích. Pro správný management těchto oblastí je nezbytná hluboká znalost ekosystémové ekologie. V jádrových územích obou NP a dalších přírodních rezervacích postupně dochází k rozšiřování plochy, kde je uplatňován „bezzásahový režim“, porosty jsou ponechány samovolné obnově a přírodní disturbance jsou přijímány jako nedílná součást jejich rozvoje.

Rašeliniště

Rašeliniště jsou nejhodnotnější a také nejzranitelnější biotopy této přeshraniční oblasti. Pro Šumavu, stejně jako pro ostatní středoevropské zalesněné krajiny, jsou rašeliniště reliktními ekosystémy, typickými pro severní tundru a tajgu. Na Šumavě se vyskytují různé typy rašelinišť – od typických vyklenutých vrchovišť, která jsou plně závislé na srážkách, až po zalesněná či otevřená slatinná rašeliniště krmená hlavně podzemní vodou. Oba typy rašelinišť jsou často obklopeny podmáčenými smrkovými lesy nebo rašelinnými březinami. Právě tyto biotopy jsou domovem velmi vzácných orchidejí bradáček vejčitý (*Listera cordata*) a korálice trojkланá (*Corallorhiza trifida*). Nezalesněné ostřicová rašeliniště jsou obvykle menší a mohou být buď přirozené (nacházející se na pramenech) nebo sekundární (vyvinuté jako výsledky odlesňování a tradičního využívání území). Jedná se o lokality s vysokou biologickou rozmanitostí (rostliny i hmyz).

Největší středoevropský komplex rašelinišť a mokřadů o rozloze přes 10 000 ha byl od roku 1990 vyhlášen Ramsarskou lokalitou. Rašeliniště plní důležitou roli v regionální vodní bilanci. Přibližně 70 % rašeliniště na území Šumavy bylo v minulosti ovlivněno různě intenzivním odvodněním, které bylo prováděno za účelem lesnického hospodaření, zemědělství a těžby rašeliny.

Vodní ekosystémy

Šumava se rozkládá na rozvodí Černého a Severního moře, které více méně kopíruje hranici mezi Bavorskem a Českou republikou. Území na české a bavorské straně Šumavy se liší topografií i vegetačním pokryvem, a toto jsou faktory, které nejvíce ovlivňují také místní vodní toky. Síť bavorských potoků odvodňuje různá lesní stanoviště a vyznačuje se velmi strmým svahem a četnými drobnými potůčky, jejichž celková délka na území NP Bavorský les přesahuje délku 800 km. Naproti tomu síť českých potoků (především její horní část) zahrnuje potoky s malým spádem pozvolna odvodňující mnohá rašeliniště a horské louky na starobylé náhorní plošině Šumavským plání. Mnohé zdejší toky jsou proto přirozeně huminové a kyselé. Vodní toky a jejich záplavová území hostí jedinečná a různorodá horská vodní a suchozemská společenstva. Hospodářské aktivity předků však ovlivnily některé vodní ekosystémy na Šumavě. V uplynulých dvou stoletích, bylo mnoho místních toků narovnáno a leckde byl také vybudován systém umělých kanálů za účelem plavby dřeva. Také narovnáni a zkanalizováni mnohých malých toků a budování meliorací v zemědělství a lesnictví vedla k narušení původní dynamiky vodní hladiny v mnoha oblastech Šumavy. Imise a s nimi související acidifikace, které vyvrcholily v 70. a 80. letech 20. století, vážně ovlivnily především nejvyšší polohy pohoří a horní části vodních toků. Dobrou zprávou je, že díky dlouhodobému výzkumu šumavských ledovcových jezer, se podařilo zaznamenat, že dochází již ke zlepšení stavu. Je možné předpokládat, že zdejší vodní ekosystémy budou ve větší míře ovlivňovány v důsledku klimatické změny a rostoucí frekvence přírodních disturbancí.

Projekt Silva Gabreta Monitoring

Zavedení přeshraničního monitoringu biologické rozmanitosti a vodní bilance s jednotným designem sběru dat poprvé v historii obou NP poskytlo jednotná data, dokumentující vědeckými metodami pozitivní efekty nezasahování v jádrových zónách NP a cenných lokalitách soustavy Natura 2000. Díky společnému monitoringu jsme získali nové a velmi komplexní poznatky o biodiverzitě v přeshraničním prostoru české a bavorské Šumavy, což je velmi důležitý podklad pro zodpovědnou správu lokalit soustavy NATURA 2000. Realizovaný projekt položil velmi pevné základy pro vybudování dlouhodobého standardizovaného monitorovacího programu, který bude realizován oběma NP, a přinese nové hodnoty do spolupráce obou NP.

V rámci projektu Interreg „Silva Gabreta Monitoring“ byl realizováno přeshraniční monitoring biodiversity. Poprvé v historii byla biodiverzita lesů, rašelinišť a sladkých vod v obou NP zkoumána pomocí jednotných, standardizovaných a moderních metod. Všechna získaná data byla uložena ve společné databázi biodiverzity a první analýzy avizují velmi zajímavé a užitečné výsledky, což potvrzuje význam pokračování monitorování jako dlouhodobého programu obou NP. Získané poznatky umožnily připravit doporučení pro zodpovědnou společnou péči v přeshraničním prostoru obou NP.

V rámci projektu vytvořená společná databáze je platformou pro další rozsáhlé analýzy. Díky bohatému datovému zázemí a široké škále prováděných či plánovaných analýz se oba NP stávají průkopníky v ochránářském výzkumu a výzkumu v NP v celoevropském prostoru. Zodpovědný management území, vycházející z nejnovějších vědeckých poznatků, je také důležitým podkladem pro trvale udržitelný rozvoj regionů národních parků a turismus. Řada výsledků našeho výzkumu podporuje myšlenky na ochranu divočiny, která si v prostoru obou NP postupně rozšiřuje svůj prostor i skupiny zastánců.

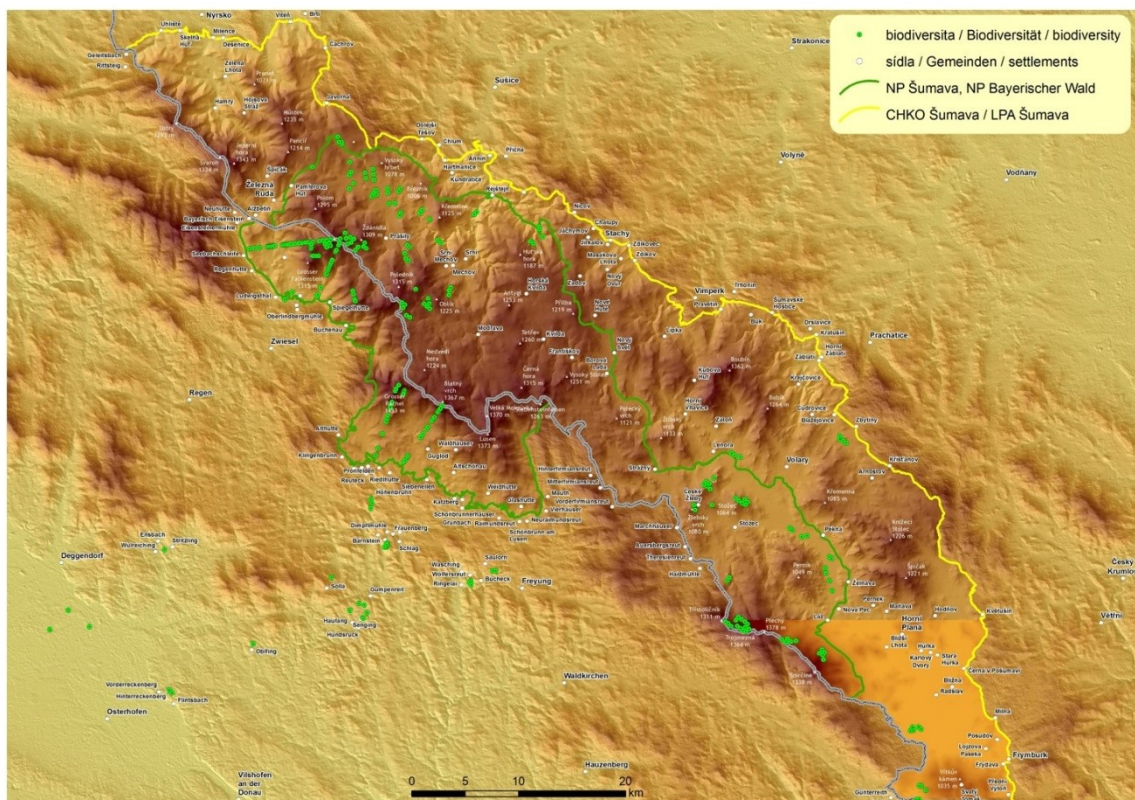
Přeshraniční spolupráce Správy NP Bavorský les, Správy NP Šumava a dalších projektových partnerů v rámci řešení projektu byla velmi konstruktivní a kolegiální. Kromě pravidelných a osobních i korespondenčních setkání byly také uskutečněny společné exkurze do terénu, v rámci kterých jsme koordinovali a zpřesňovali metodiku přeshraničního monitoringu.

Realizace monitoringu biodiverzity v přeshraničním regionu je významným počinem jak z hlediska vědecké spolupráce, tak jde o konkrétní příklad spolupráce v oblasti ochrany přírody. Dále podporuje také přeshraniční turistický a regionální rozvoj.

Lesní ekosystémy

Design monitoringu

Monitorovací aktivity **A.A1.1 a 2** jsou uvedeny v naší projektové aplikaci jako monitoring biodiverzity lesů.



Obr. F1: Mapa monitorovacích ploch v přeshraničním prostoru. Několik ploch mimo hranice NP byly vytyčeny z účelem prodloužení gradientu nadmořské výšky.

Monitoring pokrývající bezzásahové oblasti v obou NP je rozsáhlým průzkumem biologické rozmanitosti a jeho cílem je poskytnout širokou škálu údajů, které umožní posoudit vliv bezzásahového managementu na druhy různých taxonomických skupin a jejich společenstva. Dalším cílem je zhodnotit a předvídat důsledky změny klimatu na biotu středoevropských pohoří nižších nadmořských výšek. 157 ploch v Bavorsku a 120 v české republice byly vybrány, aby mohly sloužit k popisu 17 taxonomických skupin rostlin a živočichů v celém výškovém a strukturním gradientu projektového území. Na bavorské straně vycházel výběr ploch ze zkušeností získaných v rámci projektu BIOKLIM. Na české straně sadu

120 ploch lesních doplnilo ještě 30 dalších ploch vytyčených v přirozeně nelesních lokalitách (slatiny, smilkové louky a aluviální louky).

Metody

Abiotické parametry

Byla zaznamenána řada parametrů prostředí a z každé monitorační plochy byly také odebrány půdní vzorky a provedeny chemické analýzy půd (**Tabulka F1**).

Na plochách v NP Bavorský les, NP a CHKO Šumava byla zkoumána struktura lesních porostů. A dále byla také využita dendrochronologie pro stanovení věku porostů.

Tabulka F1. : Proměnné prostředí a způsoby sběru dat.

Proměnné	Definice	Způsob sběru dat
X Y souřadnice	souřadnice WGS84 a ETRS	GIS model
Nadmořská výška	nadmořská výška m n. m.	
Expozice	světové strany	
Sklon	stupně	
Osvit/radiace	potenciální suma v průběhu vegetační sezóny (kWh/m ²)	
klima		
Teplota	Roční průměr	GIS model
Srážky	Roční průměr	
Osvit/radiace	Roční průměr	
Struktura lesa		
Výčetní tloušťka	Průměr v 1,3 m	měřeno
Výška stromu	m	měřeno
Vitalita	Živý nebo mrtvý	odhad
Délka mrtvého stromu	m	měřeno
Typ mrtvého stromu	Stojící nebo ležící	odhad
Zápoj	%	odhad
Zápoj E3-horní a výška	% a m	odhad
Zápoj E3-dolní a výška	% a m	odhad
Zápoj E2 a výška	% a m	odhad
Zápoj E1-traviny a výška	% a m	odhad
Zápoj E1-dvojděložné r. a výška	% a m	odhad
Zápoj E0 a výška	% a m	odhad
Pokryvnost kameny	%	odhad
Pokryvnost mrtvé dřevo	%	odhad
Pokryvnost opad	%	odhad
Pokryvnost voda	%	odhad
Půda		
Půdní typ	Fyzikální popis	odhad
Vlhkost	Výpočet dle Ewald 2000	výpočet
pH	pro horizont A a B	laboratoř

Výměnné ionty	H, Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na	laboratoř
Výměnná iontová kapacita		laboratoř
Saturace		laboratoř
C/N		laboratoř

Biotická data

Pro monitoring hmyzu byly použity čtyři typy pastí (Malaiseho, nárazové, zemní padací a světelné). Všech 157 lokalit v Bavorsku (121 v národním parku a 36 v okolí) a 150 lokalit v Česku (95 lokalit v NP Šumava, 25 lokalit v CHKO Šumava, 30 lokalit na nelesních biotopech) bylo vybaveno nárazovými a padacími pastmi. Dále byla vytvořena podskupina 52 lokalit v NP Bavorský les nebo 50 lesních lokalit v NP a CHKO Šumava, reprezentativně pokrývající nadmořskou výšku a strukturu lesa, které byly zkoumány s větší intenzitou. Tyto plochy byly osazeny Malaiseho pastmi a jednou za měsíc také pastmi na světlo, což pomohlo zaznamenávat můry. Pro tento monitoring byly vybírány noci bez deště nebo silného větru. Plochy byly také osazeny fotopastmi pro monitoring obratlovců. Kromě toho byly na těchto vysoce informativních plochách v NP Bavorský les také monitorovány netopýři za pomoci batcoderů.

Monitoring různých taxonomických skupin byl realizován na plochách různé velikosti (**Tabulka F2**). Podrobnosti k metodice monitoringu jsou uvedeny v časopise Silva Gabreta (Friess et al. 2018, Křenová & Seifert 2018).

Tabulka F2: Taxonomické skupiny, velikost plochy a metody sběru dat.

Taxonomická skupina	0.02 ha	0.1 ha	1 ha	metoda
Mechy (Bryophyta)	x			mapování
Cévnaté rostliny (Spermatophyta)	x			mapování
Lišejníky (Lichens)	x			mapování
Houby (Fungi)		x		mapování
Měkkýši (Gastropoda)	x			ruční sběr
Pavouci (Arachnida)	x			pasti
Chvostoskoci (Collembola)	x			pasti
Sítokřídílí (Neuroptera)	x			pasti
Křísi (Cicadina)	x			pasti
Ploštice (Heteroptera)	x			pasti
Brouci (Colembola)	x			pasti
Motýli (Lepidoptera)		x		světelné pasti
Pestřenky (Syrphidae)	x			pasti
Širopasí (Symphyta)	x			pasti
Štíhlopasí (Aculeta)	x			pasti
Netopýři (Chiroptera)		x		záznamové zařízení
Ptáci (Aves)			x	síťové mapování
Savci (Mammals)	x			fotopasti

Výsledky

Druhá bohatost a ohrožené druhy

V oblasti NP Bavorský les bylo zaznamenáno celkem 4618 druhů, z toho 148 druhů mechorostů, 267 druhů cévnatých rostlin, 85 druhů lišejníků, 476 dřevokazných a 291 druhů hub rostoucích na zemi, 90 druhů měkkýšů, 334 druhů pavouků, 28 druhů chvostokoků, 39 druhů síťokřídlých, 204 druhů kříšů, 191 druhů plošti, 1574 druhů brouků, 390 druhů motýlů, 143 druhů pestřenek, 229 druhů blanokřídlých, 3 druhy obojživelníků, 2 druhy plazů, 19 druhů netopýrů, 84 druhů ptáků a 21 druhů savců (Tab. F3). V bavorské studijní oblasti byly časté mechy, cévnaté rostliny, dřevokazné houby, měkkýši, chvostokoci, pavouci, kříši, brouci, pestřenky, štíhlopasí, netopýři, ptáci a velcí savci. Druhy z těchto taxonomických skupin byly zjištěny na všech sledovaných plochách.

Bylo zjištěno 10 kriticky ohrožených druhů: 1 lišejník *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm.; 1 dřevokazná houba *Phlebia centrifuga* P. Karst.; 2 druhy měkkýšů *Anisus septemgyratus* (Rossmässler, 1835) a *Vertigo alpestris* Alder, 1838; 1 střevlík *Carabus menetriesi* Hummel, 1827; 2 druhy motýlů *Epirrhoe hastulata* (Hübner, 1790) a *Fagivorina arenaria* (Hufnagel, 1767); 2 druhy pestřenek *Microdon miki* Doczkal & Schmid, 1999 a *Myolepta obscura* (Becher, 1882), 53 silně ohrožených druhů a 87 ohrožených druhů, které jsou vedeny v Červených seznamech ohrožených druhů Německa (**Tabulka F3**).

Tabulka F3: Taxonomické skupiny a počet vzorkovaných ploch a celkový počet druhů nalezených na bavorské straně; Mean - průměrný, Min – minimální a Max – maximální počet druhů na jednu plochu; a počet druhů Červeného seznamu uvedených ve třech kategoriích ohrožení. Aculeata: červený seznam pouze pro čeledi Apidae, Halictidae, Megachilidae, Melittidae; Coleoptera: červený seznam pouze pro čeledi Carabidae, Dyropidae, Dystiscidae, Elmidae, Hydraenidae, Hydrophilidae; Collembola, Neuroptera a Heteroptera: červený seznam není publikován. Kategorie červeného seznamu: CR = kriticky ohrožený, EN = ohrožený, VU = zranitelný

Taxonomická skupina	Počet ploch	Celkový počet druhů	Průměrný počet druhů	Min	Max	Počet druhů červeného seznamu		
						CR	EN	VU
Bryophyta	157	148	11	1	31	0	0	5
Spermatophyta	157	267	16	2	60	0	0	4
Lichens	157	85	5	0	15	1	3	8
Wood Fungi	157	476	35	3	65	1	3	1
Soil Fungi	157	291	9	0	29	0	1	4
Gastropoda	157	90	7	1	31	2	6	13
Arachnida	157	334	31	7	70	0	14	8
Collembola	157	28	8	3	14			
Neuroptera	52	39	5	0	15			
Cicadina	52	204	27	9	55	0	4	8
Heteroptera	157	191	8	0	32			
Coleoptera	157	1574	102	41	242	1	0	8
Lepidoptera	52	390	52	0	116	2	8	12
Syrphidae	52	143	21	2	66	2	4	5
Aculeata	52	229	26	4	113	0	3	5
Amph. + Rept.	157	5	1	0	3	0	0	0
Chiroptera	52	19	9	1	21	0	4	2
Aves	157	84	14	5	28	0	4	3
Small Mammalia	157	8	2	0	4	0	1	0

V šumavské části projektu bylo k počátku března 2019 (termín zpracování dat pro projektovou zprávu) determinováno 2007 druhů. Bylo nalezeno 197 druhů mechorostů, 187 druhů cévnatých rostlin, 262 druhů lišejníků, 485 druhů dřevokazných hub, 48 druhů měkkýšů, 91 druhů pavouků, 17 druhů chvostoskoků, 10 druhů síťokřídých, 37 druhů ploštic, 111 druhů brouků, 416 druhů motýlů, 75 druhů včel a vos a 71 druhů ptáků (**Tabulka F4**). Ve všech českých monitorovaných plochách byly zaznamenány mechy, cévnaté rostliny, lišejníky, dřevokazné houby, motýli a ptáci. Druhy z těchto taxonomických skupin byly zjištěny na všech sledovaných plochách s plně určenými vzorky.

Byl zjištěn výskyt 17 kriticky ohrožených druhů [7 druhů lišejníků: *Alectoria sarmentosa* (Ach.) Ach., *Bryoria bicolor* (Ehrh.) Brodo & D. Hawksw, *Chaenotheca sphaerocephala* Nádvl. *Fellhanera bouteillei* (Desm.) Vězda, *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm., *Micarea adnata* Coppins a *Mycoblastus affinis* (Schaer.) Schauer; 5 druhů dřevokazných hub: *Camarops plana* Pouzar, *Globulicium hiemale* (Laurila) Hjortstam, *Panellus violaceofulvus* (Batsch) Singer, *Skeletocutis stellae* (Pilát) Jean Keller a *Tomentellopsis zygodesmoides* (Ellis) Hjortstam; 1 chvostoskoka druhu *Orchesella alticola* Uzel, 1890; 1 druhu brouka *Ampedus auripes* (Reitter, 1895); 1 druhu motýla *Coenonympha tullia* (Müller, 1764); 2 ptačích druhů *Strix uralensis* Pallas, 1771 a *Tetrao urogallus* Linnaeus, 1758]. Dále bylo zjištěno 66 ohrožených a 113 zranitelných druhů uvedených v červených seznamech ohrožených druhů v ČR (Farkač et al. 2005, Holec and Beran 2006, Liška and Palice 2010, Kučera et al. 2012, Chobot and Němec 2017, Grulich and Chobot 2017, Hejda et al. 2017). Krom toho byly zaznamenány výskyty tří druhů dřevokazných hub [*Athelopsis subinconspicua* (Litsch.) Jülich, *Cytidiella albomellea* (Bondartsev) Parmasto a *Tubulicrinis globisporus* K. H. Larss. et Hjortstam], které byly dle Červeného seznamu hub (Holec and Beran 2006) považovány za vyhynulé (**Tabulka F4**).

Tabulka F4: Taxonomické skupiny a počet ploch se vzorky plně taxonomicky určenými do začátku března 2019 (počet sledovaných pozemků) a celkový počet druhů nalezených na české straně; Mean - průměrný, Min - minimální a Max - maximální počet druhů na jeden pozemek; a počet druhů červených seznamů uvedených ve třech kategoriích ohrožení. Kategorie červeného seznamu: CR = kriticky ohrožený, EN = ohrožený, VU = zranitelný; Collembola, Arachnida a Neuroptera: využít předchozí Červený seznam bezobratlých (Farkač et al. 2005).

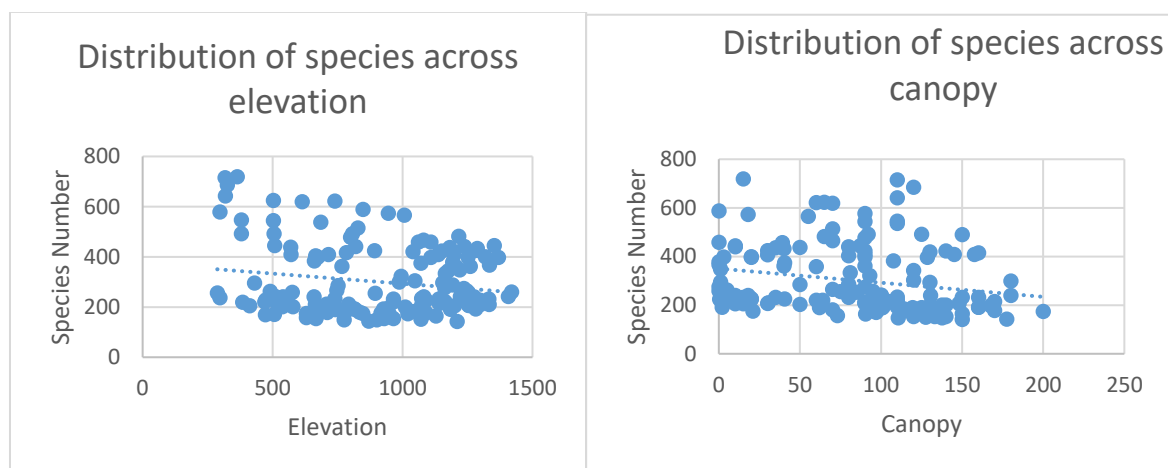
Taxonomická skupina	Počet ploch	Celkový počet druhů	Průměrný počet druhů	Min	Max	Počet druhů červeného seznamu			
						CR	EN	VU	poznámka
Bryophyta	120	197	30	14	58	0	1	3	
Spermatophyta	120	187	12	3	32	0	0	2	
Lichens	120	262	29	11	55	7	33	57	
Wood Fungi	120	485	22	2	44	5	20	8	
Gastropoda	120	48	4	0	27	0	1	1	
Arachnida	80 (120)	91	8	1	19	0	1	1	
Collembola	120	17	2	0	9	1			
Neuroptera	23 (50)	10	1	1	2	0	0	1	
Cicadina	0 (50)								NA
Heteroptera	47 (50)	37	2	1	7	0	0	1	
Coleoptera	112 (120)	111	6	1	22	1	2	3	
Lepidoptera	50	416	54	7	208	1	4	16	
Syrphidae	0 (50)								NA
Aculeata	50	75	6	0	24	0	1	8	
Aves	120	71	16	9	23	2	3	12	

Závislost druhové bohatosti na nadmořské výšce a struktuře lesa

Odezva druhového diversity sledovaných taxonomických skupin na nadmořskou výšku a dvě vybrané charakteristiky struktury lesa, celkový zápoj (pokryvnost E3H + E3L + E2) a celkový objem mrtvého dřeva, byla analyzována pomocí vícerozměrných statistik. Analýzy byly provedeny pomocí Canoco pro Windows verze 5. Jako vhodná metoda pro naše analýzy byla zvolena lineární metoda přímé gradientové analýzy, redundantní analýzy (RDA) na základě gradientových délek v datech odezvy. Pro porovnání relativní důležitosti testovaných vysvětlujících proměnných byl použit postupný výběr. Statistická významnost zjištěné závislosti byla testován permutačním testem Monte Carlo. Nelineární odezvy biodiversity na výškový gradient byly modelovány pomocí generalizovaného aditivního modelování (GAM) implementovaného v Canoco softwaru.

Výsledky z Bavorska

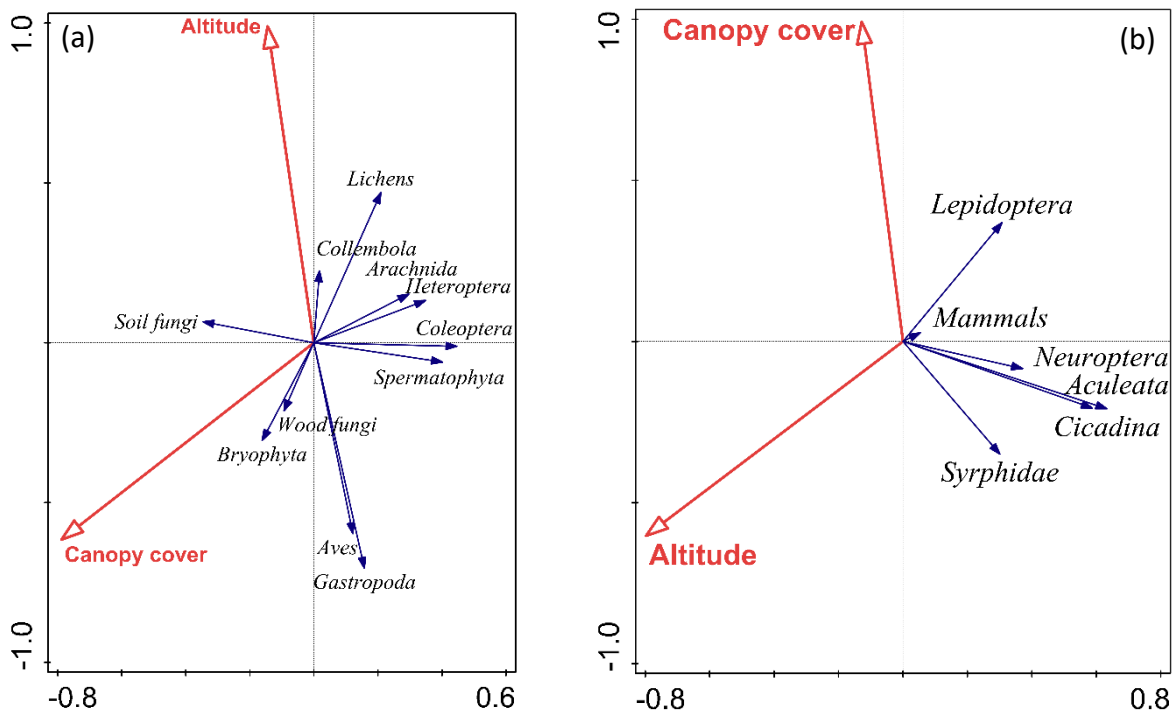
Vztah mezi počtem druhů a výškou nebo spíše zápojem ukazuje, že výskyt těchto druhů závisí na těchto gradientech (**Obr. F2**). K mírnému poklesu počtu druhů dochází s narůstající nadmořskou výškou, což pravděpodobně způsobují méně příznivé stanovištní podmínky ve vyšší nadmořské výšce.



Obr. F2: Závislost biodiversity na nadmořské výšce a zápoji.

RDA potvrdila závislost druhového bohatství studovaných taxonomických skupin na nadmořské výšce a zápoji lesních porostů. Reakce jednotlivých taxonomických skupin na tyto proměnné byly vizualizovány pomocí RDA ordinačních diagramů (**Obr. F3**). Ukazují pozitivní korelaci druhového bohatství měkkýšů, ptáků, mechů, dřevokazných hub a motýlů s rostoucím zápojem lesních porostů. Druhová bohatost ostatních taxonomických skupin (lišejníky, cévnaté roštiny, ploštice, brouci, pavouci, chvostokoci, pestřenky, vosy a včely, a křísi) se snížila s rostoucím zápojem stromů a křovin. Vliv zápoje na druhovou bohatost savců a Neuropter nebyl statisticky významný na 5% hladině významnosti. RDA také odhalila významnou lineární závislost druhové diversity některých taxonomických skupin s nadmořskou výškou. Druhová bohatost lišejníků a chvostokoků se zvětšovala podél výškového gradientu, zatímco druhová bohatost měkkýšů, ptáků, dřevokazných hub, mechů, motýlů a vos klesala s nadmořskou výškou. Nelineární reakce druhového bohatství na výškový gradient byly zjištěny v půdních houbách (GAM: $F = 5,7$; $p = 0,0178$; maximální druhová bohatost ve výškách kolem 1000 m n. m.), u pavouků (GAM: $F = 11,4$; $p = 0,00094$; s minimem druhové bohatosti v nadmořských výškách

kolem 800 m n. m., dále u ploštic (GAM: $F = 10,7$; $p = 0,00135$; s minimálním druhovým bohatstvím ve výškách od 700 do 800 m n. m.), brouků (GAM: $F = 21,4$; $p < 0,00001$; minimální druhová bohatost v nadmořských výškách od 800 do 1000 m n. m., cévnatých rostlin (GAM: $F = 8,0$; $p = 0,00543$; s minimálním druhovým bohatstvím ve výškách od 800 do 900 m n. m.), kříšů (GAM: $F = 11,9$, $p = 0,00118$, s minimálním druhovým bohatstvím v nadmořských výškách od 900 do 1100 m n. m.) a savců (GAM: $F = 4,4$, $p = 0,0411$; s maximálním druhovým bohatstvím ve výškách v rozmezí od 900 do 1000 m n. m.). Vliv nadmořské výšky na druhovou bohatost Syrphidae a Neuroptera nebyl statisticky významný na 5% hladině významnosti.

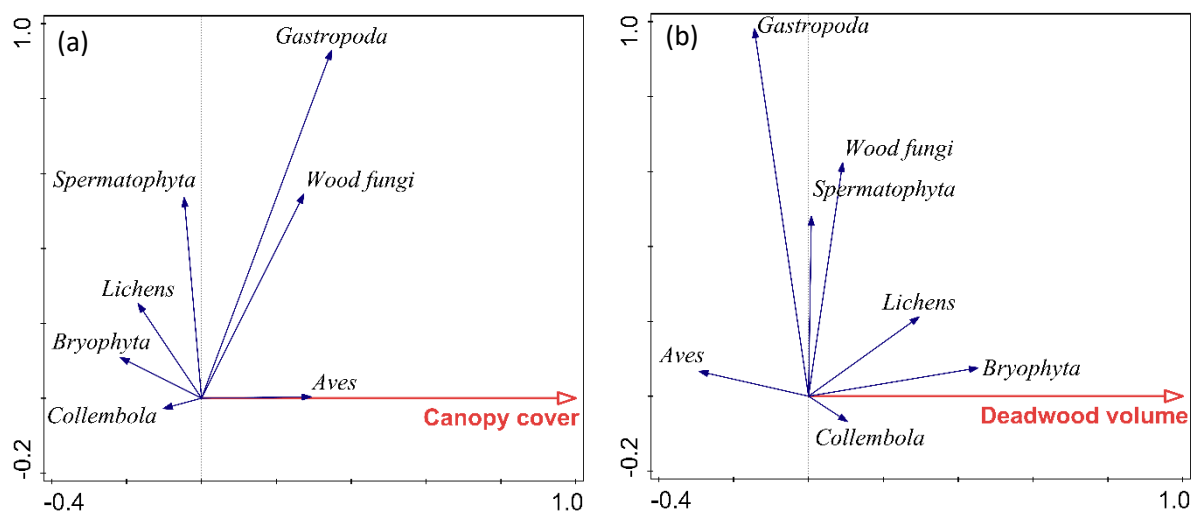


Obr. F3: RDA ordinační diagramy ukazující odezvu druhového bohatství studovaných taxonomických skupin na nadmořskou výšku a zápoj stromového a keřového patra (a) Výsledky ze všech 157 bavorských lokalit (RDA: $F = 17,8$, $p = 0,002$, vysvětlující proměnné představovaly 18,82% celkové odchyly v údajích o odpovědi); (b) výsledky ze 52 vysoce informativních bavorských lokalit (RDA: $F = 9,9$, $p = 0,002$, vysvětlující proměnné představovaly 28,74% celkové odchyly v údajích o odpovědi).

Výsledky z české strany

RDA potvrdila závislost druhové diversity studovaných taxonomických skupin na zápoji lesních porostů (RDA: $F = 8,8$, $p = 0,002$, vysvětlující proměnná představovala 6,92 % celkové variability v údajích o odpovědi). Reakce jednotlivých taxonomických skupin na tyto proměnné byly vizualizovány pomocí RDA ordinačního diagramu (**Obr. F4**), který ukazuje pozitivní korelaci biodiversity měkkýšů, ptáků a dřevokazných hub s rostoucím zápojem porostu a negativní korelaci druhové bohatství mechů s touto proměnnou. Vliv zápoje stromového a keřového patra na biodiverzitu nebyl statisticky významný na 5% hladině významnosti u lišejníků, cévnatých rostlin a chvostokoků. Taxonomické skupiny se lišily v odezvě na výškový gradient. Výsledky modelování ukázaly pozitivní lineární korelaci druhového bohatství lišejníků s nadmořskou výškou. Odezvy druhové diversity ptáků a dřevokazných hub byly nelineární (GAM pro ptáky: $F = 16,0$, $p = 0,00011$, s maximálním druhovým bohatstvím v nadmořských výškách od 800 do 1000 m n. m.; GAM pro dřevokazné houby: $F = 11,8$, $p = 0,00082$, s maximální druhovou bohatostí v nadmořských výškách od 900 do 1100 m n. m.). Vliv výškového gradientu na druhovou bohatost ostatních hodnocených taxonomických skupin byl pouze slabý (slabá pozitivní

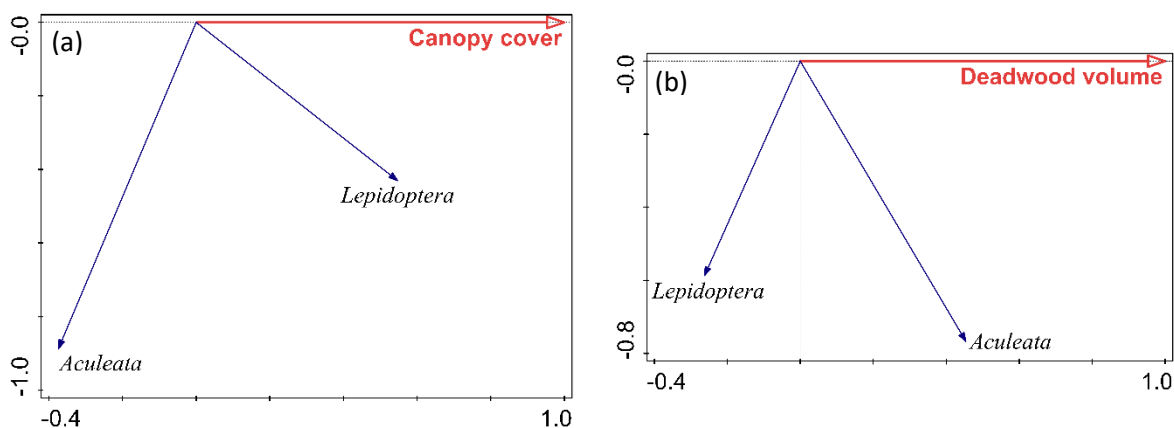
korelace v mechorostech, slabá negativní korelace u měkkýšů) nebo statisticky nevýznamný (Spermatophyta, Collembola) na 5% hladině významnosti.



Obr. F4: RDA ordinační diagramy ukazující odezvu druhového bohatství studovaných taxonomických skupin na (a) zápoji a (b) celkovém objemu mrtvého dřeva. Výsledky ze 120 lesních ploch na české straně Šumavy.

Závislost druhového bohatství sledovaných taxonomických skupin na celkovém objemu mrtvého dřeva vyskytujícího se v porostech byla statisticky významná i na 5% hladině významnosti (RDA: $F = 3,6$, $p = 0,022$, vysvětlující proměnná představovala 2,96 % celkové variace). Výsledky modelování ukázaly pozitivní lineární korelace druhové diversity mechů a lišejníků s objemem mrtvého dřeva a negativní lineární odezvou ptáků na tuto proměnnou. Odezva druhového bohatství dřevokazných hub na objem mrtvého dřeva byla nelineární (GAM: $F = 12,6$, $p = 0,00056$, s maximálním druhovým bohatstvím v objemech od 200 do 400 m³/ha). Vliv objemu mrtvého dřeva na druhovou bohatost cévnatých rostlin, měkkýšů a chvostokoků nebyl statisticky významný na 5% hladině významnosti. Tento prediktor nebyl zahrnut v konečném modelu během postupného výběru vysvětlujících proměnných, z důvodu kovariace se zápojem stromového a keřového patra (mezi těmito proměnnými je silná negativní korelace).

Analýzy využívající data z 50 vysoce informativních ploch byly provedeny pouze pro dvě taxonomické skupiny - motýli, vosy a včely. RDA odhalila významný vliv všech tří vysvětlujících proměnných v modelech s jedním prediktorem. Nicméně zápoj byl jediným prediktorem zahrnutým do konečného modelu během postupného výběru vysvětlujících proměnných. Další dva prediktory byly vyloučeny z důvodu kovariace s touto proměnnou (negativní korelace v obou případech). Uspořádání diagramů ukazuje pozitivní korelaci druhové bohatství motýlů se zápojem, slabou negativní korelaci druhového bohatství vos a včel s touto proměnnou (**Obr. F5a**) a pozitivní korelaci druhové bohatství vos a včel s objemem mrtvého dřeva (**Obr. F5b**). Odezva druhového bohatství motýlů na výškový gradient byla nelineární (GAM: $F = 8,0$, $p = 0,0067$, s maximálním druhovým bohatstvím ve výškách od 900 do 1000 m n. m.).



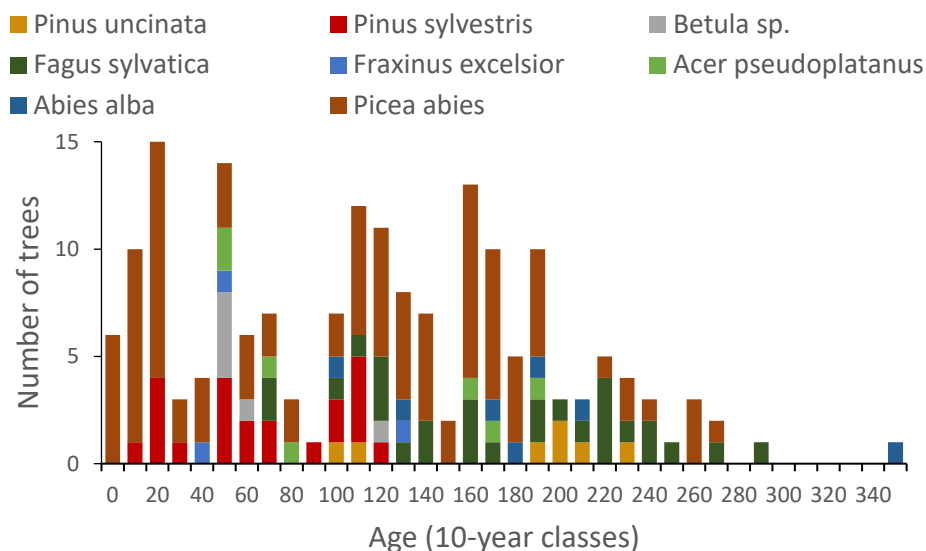
Obr. F5: RDA ordinační diagramy ukazující odezvu druhového bohatství studovaných taxonomických skupin na (a) zápoj (RDA: $F = 12,7$, $p = 0,002$, vysvětlující proměnná představovala 20,95% z celkové variace v údajích odpovědí) a (b) celkový objem mrtvého dřeva (RDA: $F = 8,2$, $p = 0,004$, vysvětlující proměnná představovala 14,64% celkové odchylky v údajích o odpovědi). Zobrazeny jsou výsledky z podmnožiny 50 vysoce informativních českých ploch.

Všechny ostatní taxonomické skupiny budou analyzovány po dokončení determinací. Všechna environmentální data budou použita jako prediktorové proměnné pro složitější analýzy.

Dendrochronologie

Cílem dendrochronologického průzkumu bylo odhadnout stáří porostů na 120 monitoračních plochách, ve kterých byl na území NP a CHKO Šumava realizován monitoring biodiversity. Plochy byly umístěny na gradientu nadmořské výšky a struktury lesa. V této studii byl věk porostů určen po stanovení věku nejstarších stromů na plochách zjištěných. Za tímto účelem byly na plochách vybrány stromy vizuálně nejvyššího věku s ohledem na stav jejich kůry, koruny, větví, velikost a celkový habitus. Na každé ploše byl u nejméně tří vybraných stromů speciálním vrtákem proveden vývrt ve výšce 1 m nad zemí. Pokud byl strom shnilý, vybrali jsme jiný strom, abychom získali nejméně tři hodnotitelné vývrty na každé ploše. Šířky letokruhů byly měřeny a vyhodnoceny pomocí standardních technik. Byl odhadován věk každého stromu ve výšce 1 m nad zemí. Věk ovzorkovaných stromů se pohyboval od 3 do 357 let. Nejstarší strom byla jedle rostoucí ve smrko-bukovém lese ve středních polohách J části NP Šumava a nejmladším stromem byl horský smrk rostoucí na ploše, která byla nedávno ovlivněna kůrovcovou gradací. Věkové rozdělení stromů ukázalo dynamickou historii krajiny s obdobím vysokého a nízkého přírůstu stromů. Období intenzivního růstu byla před 20, 50, 110, 160, 190, 220 a 260 lety. Nejstarší stromy byly buky, jedle a borovice (*Pinus uncinata*). Tyto stromy dosáhly v některých případech věku přes 200 let. Věk smrků a javorů klenů byl proměnlivý. Borovice lesní, břízy a jeřáby nebyly starší než 140 let (**Obr. F6**).

Dendrochronologické analýzy byly dokončeny v posledním období projektu. Byly získány potřebné informace o věku porostů v plochách pro monitoring biodiversity. Získané údaje budou dále využity pro další podrobné statistické analýzy.



Obr. F6: Věkové třídy a druhové zastoupení dendrochronologicky analyzovaných stromů vzorkovaných v jižní části NP Šumava.

Perspektivy – dlouhodobý pohled na lesní ekosystémy

Porovnání monitoringu 2006 a 2016 (pouze pro data z NP Bavorský les)

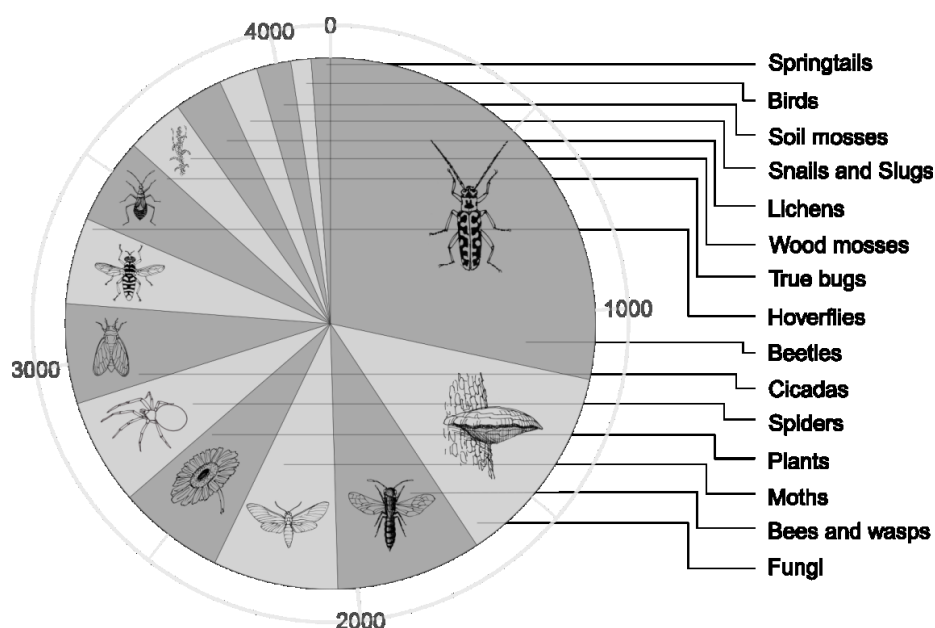
Biodiversita lesů

V roce 2006 byl v rámci projektu BIOKLIM monitoring abiotických a biotických parametrů realizován na 330 plochách. Tento soubor ploch byl platformou pro navazující přeshraniční výzkum. Konkrétní výběr ploch byl výsledkem stratifikace, jejímž cílem bylo vybrat reprezentativní soubor ploch reflektující gradienty nadmořské výšky a struktury lesa, ale i regionálních specifika, jako jsou staré horské pastviny nebo pralesní zbytky. Výsledkem stratifikační analýzy byl soubor 133 ploch pro společný projekt Silva Gabreta Monitoring a do tohoto souboru jsme přidali dalších 24 hodnotných ploch mimo území NP Bavorský les – celkem bylo v roce 2016 monitorováno 157 ploch. Níže uvedené analýzy vycházely z porovnání různých počtů ploch v důsledku různých záznamů parametrů. Například pro houby jsme mohli analyzovat maximálně 133 ploch dostupnými údaji v obou průzkumech (2006 a 2016) a pro mechy byly k porovnání využita data pouze ze 109 ploch, protože v 2006 byly mechy zkoumány na menším počtu ploch (**Tabulka F5**). Zde uvádíme několik příkladů ze srovnávacích analýz. Další výsledky viz Friess et al. 2018 v časopise Silva Gabreta.

Tabulka F5: Metody sběru dat pro jednotlivé taxonomické skupiny sledované v letech 2006 a 2016. FC - terénní záznamy; PT – zemní padací pastí; FIT – nárazové pastí; MT - Malaiseho pastí; LT – světelné pastí. Uveden je dále počet zjištěných druhů a počet ploch, ze kterých byla dostupná data pro porovnání výsledků 2006 a 2016.

Taxonomická skupina		FC	PT	FIT	MT	LT	Počet druhů	Počet ploch
Rostliny	Spermatophyta	X					297	133
Půdní mechy	Bryophyta	X					84	109
Mechy na dřevu	Bryophyta	X					149	109
Lišejníky	Fungi	X					125	109
Houby	Fungi	X					562	133
Měkkýši	Gastropoda	X					103	133
Ptáci	Aves	X					51	133
Štíhlopasí	Aculeata				X		308	52
Brouci	Coleoptera		X	X			1305	132
Křísi	Cicadoidea				X		215	52
Blanokřídlí	Syrphidae				X		185	52
Můry	Lepidoptera					X	272	33
Pavouci	Arachnida		X	X			292	132
Chvostoskoci	Collembola		X				51	132
Ploštice	Heteroptera			X	X		180	52
Celkem							4179	

V letech 2006 a 2016 bylo v NP Bavorský les zaznamenáno celkem odebráno 4 179 druhů. Většina z těchto druhů byla bezobratlých. Monitoring v roce 2016 umožnil zjištění pouze 1 200 nových druhů bezobratlých pro bavorskou stranu Šumavy. Nejpočetnější skupinou jsou brouci, kteří tvoří více než čtvrtinu všech zjištěných druhů.



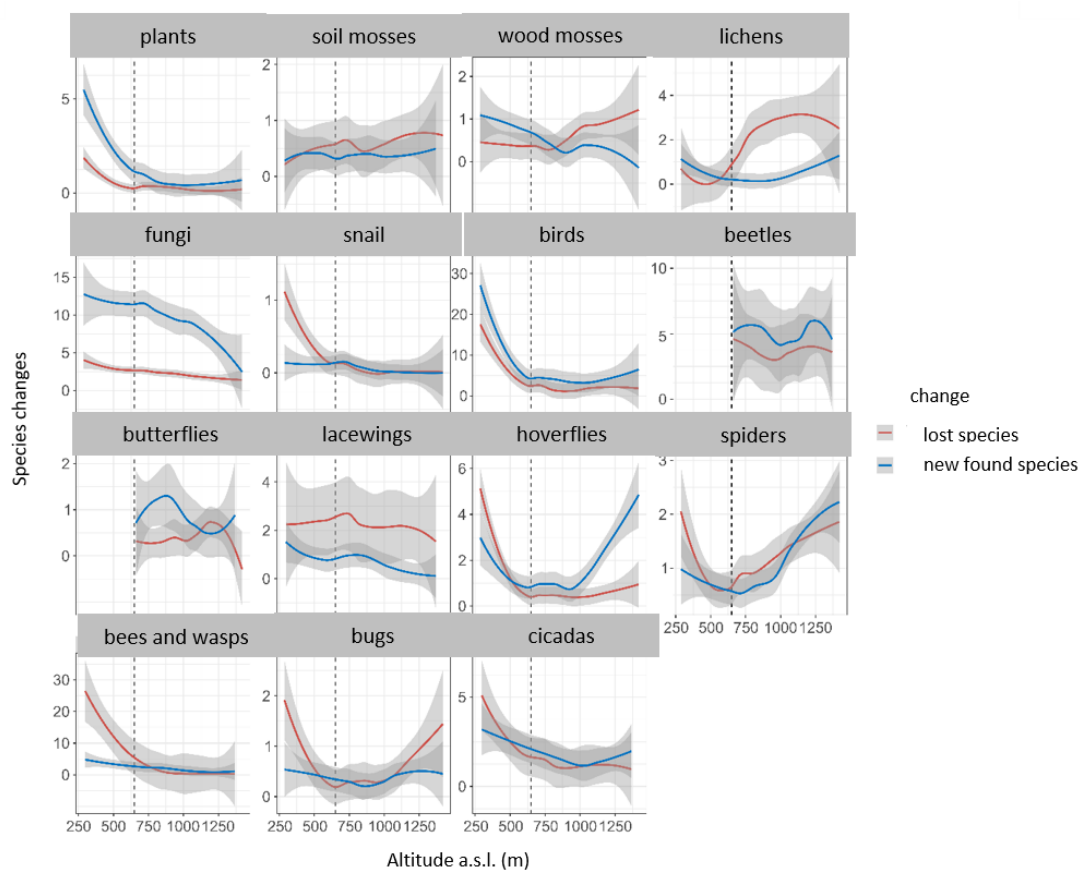
Obr. F7: Počty druhů. Podíl druhů jednotlivých taxonomických skupin, výsledky z let 2006 a 2016.

Obr. F8 ukazuje počet druhů zaznamenaných v letech 2006 a 2016 podél gradientu nadmořské výšky. Je patrné, že mezi oběma průzkumy u většiny taxonů nejsou velké rozdíly.



Obr. F8: Počty druhů různých taxonomických skupin na výškovém gradientu. Tečky představují počty druhů zaznamenaných roku 2006 (červené) a 2016 (modré). Nakreslené křivky a intervaly spolehlivosti udávají klouzavou střední hodnotu a odpovídající standard error (křivka lineární regrese). Všimněte si prosím, že zde jsou zobrazeny transformované hodnoty ($\log x+1$ transformace).

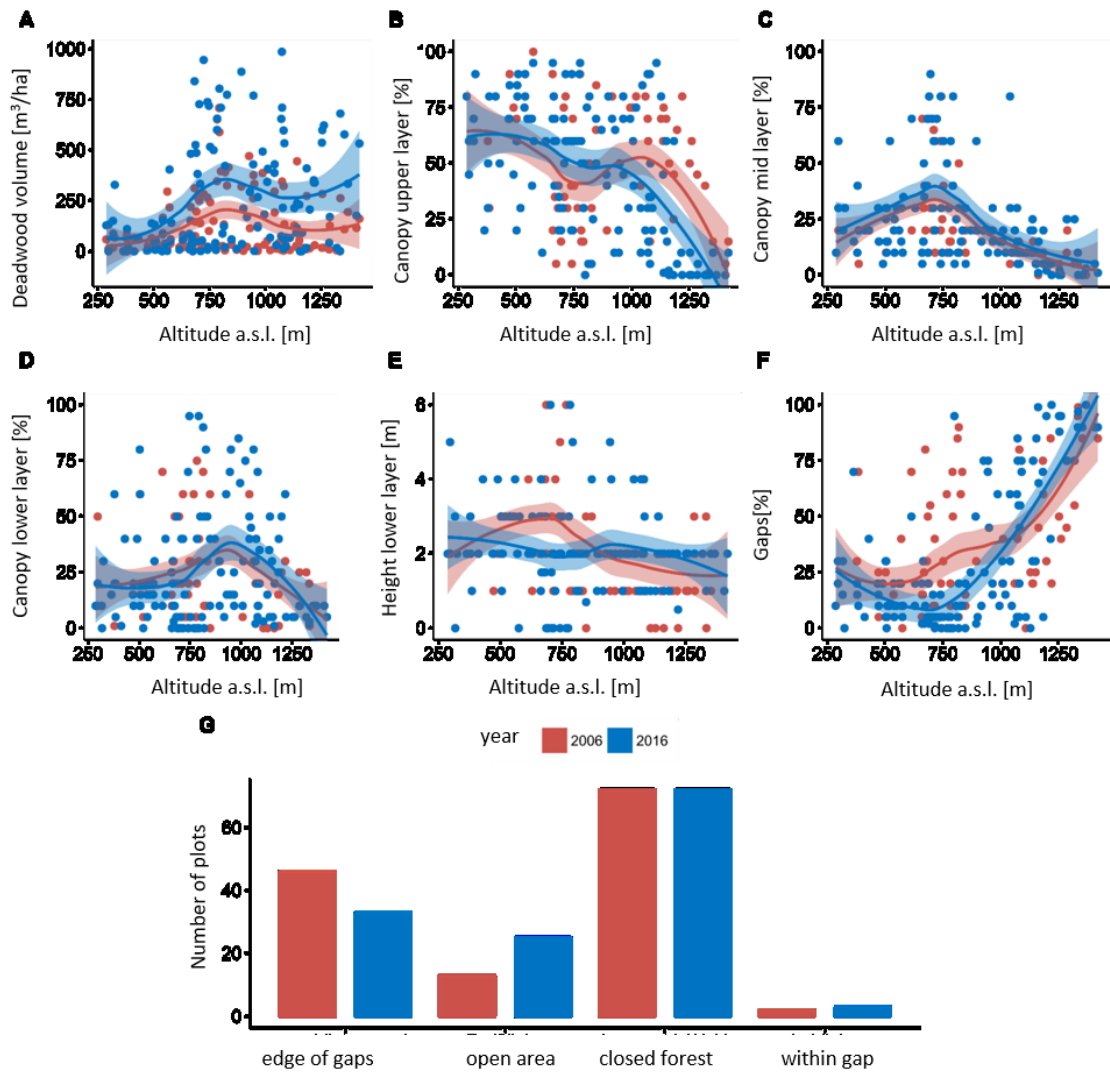
Obr. F9 zobrazuje změny v druhové skladbě zjištěný při průzkumu 2006 a 2016. Modrá čára ukazuje nově zaznamenané druhy a červená čára ukazuje druhy, které již nebyly nalezeny. U rostlin, zejména na nově přidaných plochách mimo oblast parku, jsme našli nové druhy, druhová skladba na plochách uvnitř parku byla téměř identická. Významnější změna byla zjištěna u lišejníků, zmizely některé druhy zjištěné v roce 2006. Také u vos a včel došlo k úbytku druhů. Naopak došlo k nárůstu počtu druhů hub, díky novým plochám vně parku se celkový počet zvedl z 278 druhů v roce 2006 na 455 v roce 2016. Souhrnně lze říci, že největší změny přinesly nově doplněné plochy. Na plochách v NP nejsou změny dramatické, ale lišejníky, včely a vosy je žádoucí dále pozorně monitorovat.



Obr. F9: Změny v počtu druhů v závislosti na nadmořské výšce. Regresní křivky ukazují úbytek (červená) či nárůst druhů (modrá). Tečkovaná vertikální linie zobrazuje hranice NP.

Struktura lesa

Doplňkově byla v NP Bavorský les v letech 2006 a 2016 měřena struktura lesních porostů a bylo provedeno porovnání. Ukázky srovnávacích analýz jsou v Obr. F10. Zápoj vzrostl zejména ve středních nadmořských výškách, ale významně pokleslo v nejvyšších polohách především v severní části NP, které byly v nedávné minulosti významně ovlivněny plošnými disturbancemi. Současně ve vyšších polohách narostl objem mrtvého dřeva. Obecně však byly změny v letech 2006 až 2016 nevýznamné. Další výsledky viz Hilmers et al. 2018 v časopise *Silva Gabreta*.



Obr. F10: Porovnání parametrů měřených pro popis struktury lesa v letech 2006 (červené) a 2016 (modré). A) objem mrtvého dřeva B) zápoj vyššího stromového patra, C) zápoj nižšího stromového patra, D) zápoj keřového patra, E) výška nižšího stromového patra, F) porostní gapy (mezery) v % plochy, G) Rozmístění monitoračních ploch s ohledem na strukturu porostů.

Monitoring rašelinišť

Následující monitorovací aktivity jsou uvedeny v naší projektové aplikaci s **A.A1.3** a **4** jako monitoring rašelinišť.

Design monitoringu

Cílem přeshraničního monitoringu rašelinišť je vyhodnocení stavu hladiny podzemní vody, hydrochemie a vegetace na odvodněných, obnovených a téměř přirozených rašeliništích v různých nadmořských výškách. Studie se zaměřila především na zhodnocení vlivu klimatických změn a prováděných ochranných opatření zahrnujících zejména obnovu vodního režimu (opětovného zvlhčení) na hydrologii rašelinišť. V rámci projektu č. 26 „Silva Gabreta - Monitorování biodiverzity a vodního režimu“ byl na území NP Šumava optimalizován a na území NP Bavorský les nově zaveden design dlouhodobého monitorování rašelinišť. V současné době tvoří společný synchronizovaný soubor monitorovacích lokalit dohromady 15 rašelinišť na území NP Šumava a CHKO Šumava (**Tabulka M1**) a 9 rašelinišť na Bavorské straně (6 v NP Bavorský les a 3 v okolí, **Tabulka M2**). Sledovaná rašeliniště se nachází v rozmezí nadmořských výšek mezi 870 a 1250 m n. m.



Obr. M1: Rašeliništní lokality v zájmovém území přeshraničního projektu. 15 lokalit se nachází v NP Šumava a 9 lokalit je situováno na bavorské straně (3 lokality zahrnující Todtenau, Donerau a Finsterauer Filz jsou v okolí NP Bavorský les)

Tabulka M1: Design společně prováděného monitoringu rašelinišť na území NP Šumava. C - kontrolní nenarušená rašeliniště, R - obnovená rašeliniště; Alt - nadmořská výška (m n. m.), Wtb - hladina podzemní vody v sondách (datalogery pro automatický záznam), Hch - Hydrochemie, McA – mikroklimatické podmínky vzduch, McS – mikroklimatické podmínky půda, Rof – odtok vody, Pre-srážky, Veg - vegetace sledovaná na trvalých plochách. (Počet sond s manuálně měřenou hladinou vody na české straně je shodný s počtem trvalých ploch pro monitoring vegetace).

Typ rašeliniště	Lokalita	Alt (m)	Měření							
			Wtb	Hch	McA	McS	Rof	Pre	Veg	
Ombrotrofní rašeliniště										
Horské vrchoviště (C)	Blatenská slat'	1250	3	x					1	18
Horské vrchoviště (C)	Šárecká slat'	1020	2	x	1	1			1	6
Údolní vrchoviště (C)	Záhvozdí	730	1		1					2
Údolní vrchoviště (C)	Hůrecká slat'	850	1							1
Horské vrchoviště (R)	Schachtenfiz	1140	5	x	1	1	1	1	1	21
Horské vrchoviště (R)	Rybárny	1020	2	x						4
Horské vrchoviště (R)	Křemelná	930	2	x				1	1	8
Horské vrchoviště (R)	U Tremlů	1050	1							1
Horské vrchoviště (R)	Novohuťské močály	1220								11
Horské vrchoviště (R)	Kamerální	1210								5
Minerotrofní rašeliniště										
Rašelinná smrčina (C)	Tetřevská	1110	1		1					1
Rašelinná smrčina (C)	Hůrecká slat'	850	1							1
Přechodové rašeliniště (C)	Malý Bor	900	1	x						3
Přechodové rašeliniště (C)	Roklanský les	1190	1							9
Rašelinná louka (C)	Velký Bor	870	1	x						2
Rašelinná smrčina (R)	Schachtenfilz	1140	2	x						7
Rašelinná smrčina (R)	Rybárny	1020	2	x				1		5
Rašelinná smrčina (R)	Blatenská slat'	1250	1	x	1	1				2
Rašelinná smrčina (R)	Nová slat'	1120	1							1
Přechodové rašeliniště (R)	Křemelná	930								6
Rašelinná louka (R)	Křemelná	930	2	x	1					12

Tabulka M2: Design společně prováděného monitoringu rašelinišť na území NP Bavorský les a okolí. C - kontrolní nenarušená rašeliniště, R - obnovená rašeliniště; Alt - nadmožská výška (m n.m.), Wtb - hladina podzemní vody v sondách (datalogery pro automatický záznam), Hch - Hydrochemie, McA – mikroklimatické podmínky vzduch, McS – mikroklimatické podmínky půda, Rof – odtok vody, Pre-srážky, Veg - vegetace sledovaná na trvalých plochách.

Typ rašeliniště	Lokalita	Alt	Měření						
			Wtb	Hch	McA	McS	Rof	Pre	Veg
Ombrotrofní rašeliniště		(m)							
Horské vrchoviště (C)	Grosser Filz am Spitzberg	1320	2	x	x	x		x	6
Horské vrchoviště (C)	Zwieselter Filz	1125	2	x					6
Údolní vrchoviště (C)	Klosterfilz	745	2	x	x	x		x	6
Údolní vrchoviště (C)	Todten Au	720	2	x					6
Údolní vrchoviště (C)	Dorner Au	720	1	x					3
Údolní vrchoviště (R)	Finsterauer Filz	1045	2	x	x	x		x	6
Údolní vrchoviště (R)	Großer Filz at Riedlhütte	745	4	x					12
Minerotrophic mires									
Rašelinná smrčina (C)	Latschenfilz	1150	2	x	x	x		x	6
Rašelinná smrčina (C)	Filzwald bei Klingenbrunn Bahnhof	750	2	x	x	x		x	6
Přechodové rašeliniště (C)	Grosser Filz am Spitzberg	1320	2	x					6
Přechodové rašeliniště (C)	Klosterfilz	745	1	x					3
Přechodové rašeliniště (C)	Dorner Au	720	1	x					3
Rašelinná smrčina (R)	Grosser Filz at Spitzberg	1320	3	x					9
Rašelinná smrčina (R)	Zwieselter Filz	1125	2	x	x	x		x	6
Rašelinná smrčina (R)	Todten Au	720	2	x					6

Metodika

V rámci monitoringu byly sledovány zejména ombrotrofní vrchoviště (*Leuco-Scheuchzerion palustris*, *Oxycococo-Ericion*, *Sphagnion medii*), podmáčené a rašelinné smrčiny (*Mastigobryo-Piceetum*, *Sphagno-Piceetum*) a přechodová rašeliniště (*Sphagno recurve-Caricion canescentis*). Design monitoringu zahrnoval obě obnovená rašeliniště (R, kde byla provedena opatření pro obnovu vodního režimu) a kontrolní lokality (C, tj. neporušená). Do již existujícího systému monitoringu rašelinišť na území NP Šumava byly přidány tři nové lokality tak, aby byly pokryty všechny hlavní typy rašelinišť vyskytujících se v regionu. Na vybraných sledovaných lokalitách byly nainstalovány nové automatické hladinoměry (a některé ze sond byly měřeny pouze ručně). Monitoring byl nově zaveden v NP Bavorský les tam, kde nebylo doposud prováděno žádné podrobné sledování.

Na všech lokalitách byly zaznamenávány následující parametry prostředí: hladina podzemní vody, hydrochemie, odtok, vlhkost a teplota vzduchu (v 0,3 m a 1,2 m nad povrchem půdy), vlhkost půdy a teplota (v 0,01 m, 0,03 m a 1,2 m pod povrchem půdy), srážky, okolní stavba porostů a mapování vegetace.

Na území NP Šumava bylo sledováno více než sto trvalých ploch s blízko umístěnými šachticemi, které charakterizují určité mikrotopografické, vegetační a hydrologické typy různých lokalit. Hladina podzemní vody byla měřena ručně ve všech vrtech v cca čtrnáctidenních intervalech. U vybraných sond

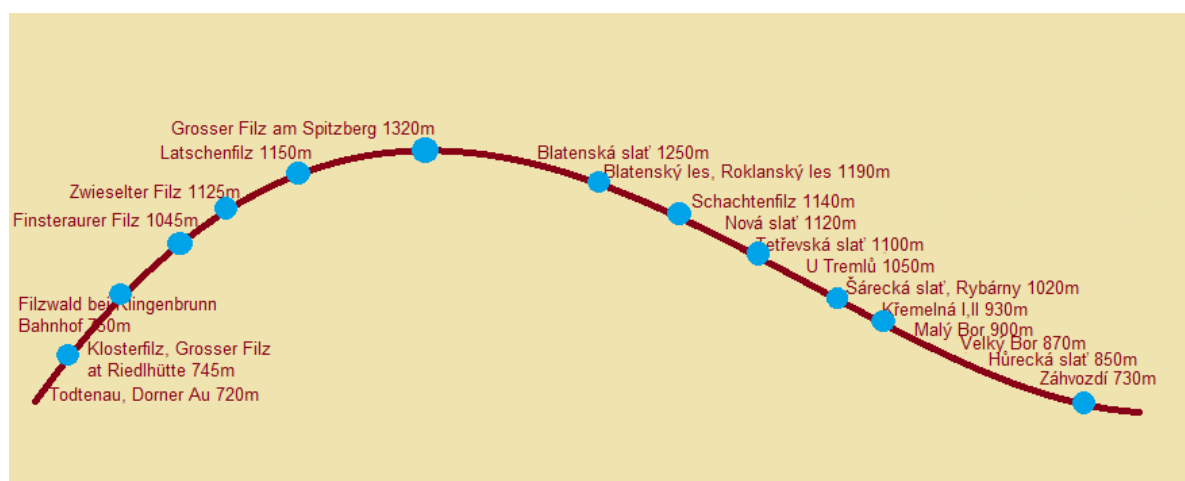
bylo použito automatické měření (v hodinovém intervalu) hladiny vody pomocí tlakových čidel/piezometrů. Vzorky vody z vybraných vrtů, příkopů, závěrečných profilů z odvodněných míst a vzorků z potoků byly odebírány měsíčně pro podrobnou hydrochemickou analýzu, včetně obsahu hlavních kationtů a aniontů (SO₄, NO₃, NH₄, PO₄, Ca, Mg, Al, Fe), pH, elektrické vodivosti a obsahu rozpuštěného uhlíku (DOC). Kontinuálně byl měřen odtok z odvodněných míst a množství srážek. Vegetace zahrnující cévnaté rostliny i mechorosty, byla mapována na plochách 1 × 1 m v činných otevřených vrchovištích nebo na ploše 5x5m na rašeliništích zarostlých dřevinami.

V NP Bavorský les byla vegetace zmapována na 90 trvalých plochách 2 × 2 m každý rok. Dále bylo nainstalováno šest mikroklimatických stanic průběžně měřících vzdušnou a půdní vlhkost, teplotu vzduchu a půdy a v roce 2016 byly instalovány srážkoměry). Automatické měření hladiny podzemní vody bylo prováděno ve 30 vrtech, z nichž byly rovněž odebírány vzorky vody pro hydrochemickou analýzu, a sice měsíčně od dubna do září 2017 (nezimní nezámrazné období).

Společné výsledky

1. Mikroklima

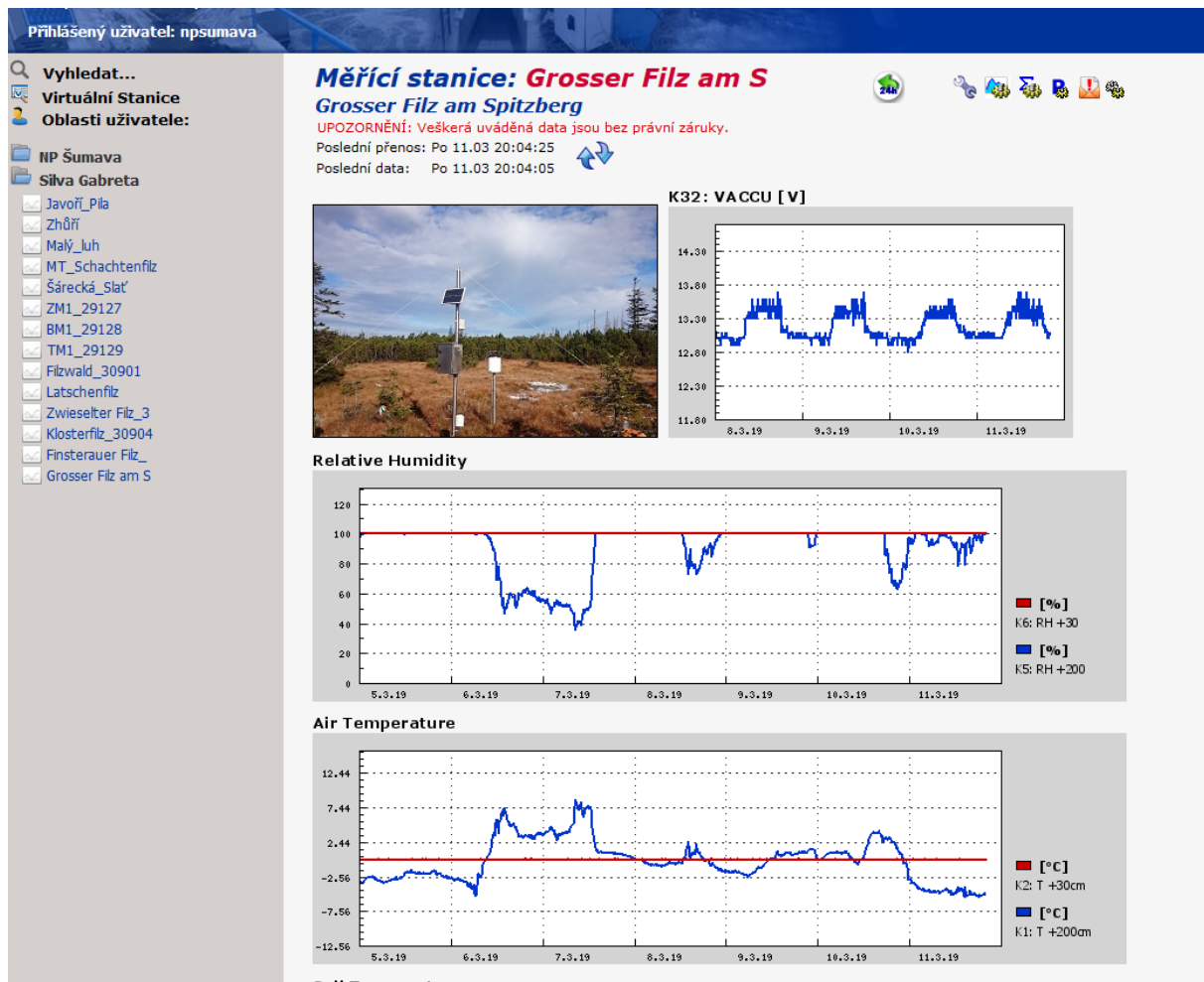
Celkem 12 meteostanic (6 na české a 6 na německé straně) zaznamenávalo mikroklimatické údaje z různých typů rašelinišť podél výškového gradientu z údolí do hřebenových horských oblastí (**Obr. M2**). Jedním z významných výstupů projektu je společné on-line sdílení všech zaznamenaných mikroklimatických dat oběma partnery projektu prostřednictvím serverové a softwarové podpory dodavatele meteorologické stanice (**Obr. M3**). Na tomto serveru jsou také údaje ze dvou dalších meteostanic na české straně, které jsou umístěny v nerašelinných mokřadech.



Obr. M2: Schéma of rozmístění meteostanic podél výškového gradientu v zájmovém území.

Získaná data ukazují rozdíly v mikroklimatických podmínkách mezi různými typy rašelinišť a rozdíly mezi výškovými gradienty. Mikroklimatické podmínky byly srovnávány na dvou ombrotrofních vrchovištích z obou krajních poloh výškového gradientu (GFS je horské vrchoviště ve vrcholových hřebenových partiích Šumavy na německé straně a ZAH je údolní vrchoviště z kotliny Vltavy na české straně) a v rašelinných smrčínách situovaných v oblasti šumavských plání (LF je umístěna v hřebenové partii plání na německé straně a TE v "chráněné" méně exponované poloze vnitrozemské části plání na české straně).

Tabulka M3 shrnuje srovnání teplotních údajů během nezamrzajícího období (mimo zimu, V-X) na výše zmíněných rašeliništích. Pro porovnání teplotních podmínek bylo zvoleno období bez mrazu, protože v zimě pod sněhovou pokrývkou jsou teplotní podmínky v blízkosti povrchu půdy podobné a rozdíly se stírají. Tabulka neukazuje přízemní hodnoty (0,3 m) na lokalitě Latschenfilz, protože senzor zde byl v klíčovém červencovém období mimo provoz.



Obr. M3: Ukázka softwarové podpory umožňující společné sdílení mikroklimatických dat oběma partnery projektu.

Zaznamenané výsledky (**Tabulka M3**) ukazují, že průměrná roční teplota vzduchu na údolním vrchovišti (ZAH) byla téměř o 2 °C vyšší, než na vrchovišti GFS v exponovaných hřebenových oblastech. Na údolním vrchovišti byly silnější poklesy teplot pod bod mrazu (dokonce i v červenci, tedy na vrcholu vegetačního období), a to zejména v přízemní poloze. Také amplituda kolísání teploty je zde nejvyšší. Největší rozdíl mezi maximální a minimální měřenou teplotou byl více než 40 °C!

U obou typů vrchovišť je amplituda kolísání teploty vyšší v blízkosti povrchu. Popsaná situace je také jasně patrná z **Obr. M4a a M4b**, které ukazují průměrné denní teploty a relativní vlhkost vzduchu po celý rok 2018 (I-XII) na obou typech rašelinišť.

Naproti tomu teplotní režim v porostech rašelinných smrčů je mnohem vyváženější. Teplota v blízkosti země kolísá mnohem méně než u obou vrchovišť (amplituda je pouze do 30 °C), ale je v průměru o 10

°C nižší. Teplotní podmínky ve výšce 2 m nad zemí jsou srovnatelné s horským vrchovištěm v hřebenových partiích.

Tabulka M3: Teplota vzduchu během nezimního období (V-X) ve 2 m (AT2) a 0,3 m (AT0,3) nad zemí na horském a údolním vrchovišti a v porostech rašelinných smrčín v roce 2018.

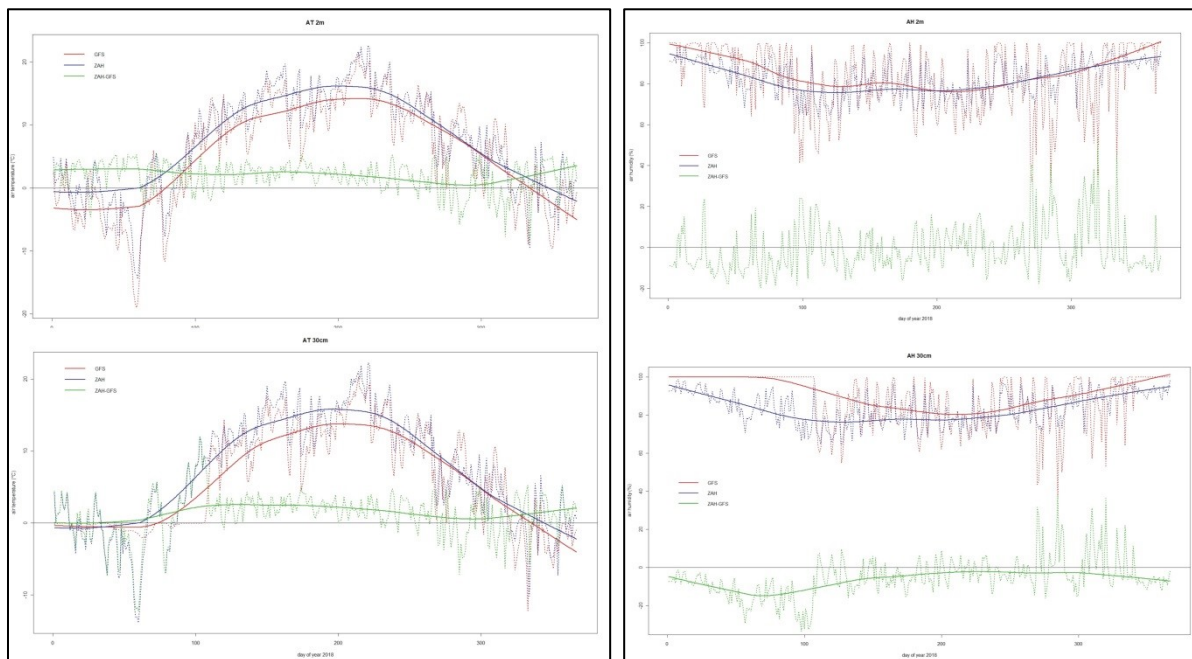
rašeliniště / parametry	kód	biotop	poloha	Nadm. výška (m)	stát	AT2 průměr °C	AT2 MAX	AT2 MIN	AT2 AMPL	AT0,3 průměr °C	AT0,3 MAX	AT0,3 MIN	AT0,3 AMPL
Grosser Filz	GFS	vrchoviště	vrchol	1320	GER	11,7 ± 4,5	26,6	-2,9	29,5	11,3 ± 4,4	27,4	-5,1	32,5
Záhvozdí	ZAH	vrchoviště	údolí	730	CZ	13,4 ± 4,4	31,9	-8,1	40,0	13,0 ± 4,5	33,4	-10,8	44,2
Latschenfilz	LF	rašelinná smrčina	vrchol	1150	GER	21 ± 4,4	29,1	-5,6	34,7				
Tetřevská slať	TE	rašelinná smrčina	pláně	1100	CZ	11,1 ± 4,1	26,8	-3,1	29,9	10,4 ± 3,9	24,3	-3,1	27,4

Porovnání vzdušné vlhkosti na stejných lokalitách je uvedeno v **Tabulka M4**. Ačkoli průměrné hodnoty jsou u obou vrchovišť podobné, pro údolní rašeliniště je charakteristické výrazně nižší kolísání relativní vlhkosti. Velké výkyvy vlhkosti vzduchu na horských vrchovištích jsou dány především občasnými, ale výraznými poklesy hodnot pod 10 %. Vlhkost vzduchu při zemi zde však kolísá méně než ve výšce 2 m. Rašelinné smrčiny na lokalitě Tetřevská slať (TE) mají v průměru výrazně vyšší relativní vlhkost vzduchu než obě vrchoviště (až o 10 %), zejména v přízemní poloze. Vzdušná vlhkost je v blízkosti země mnohem stabilnější než ve 2 m a také mnohem stabilnější než na vrchovištích. Kolísání vzdušné vlhkosti je zde nejnižší ze všech porovnávaných stanovišť. Místo Latschenfilz (LF) neobsahuje data pro úroveň 0,3 m, protože v klíčovém červencovém období zde byl nefunkční senzor.

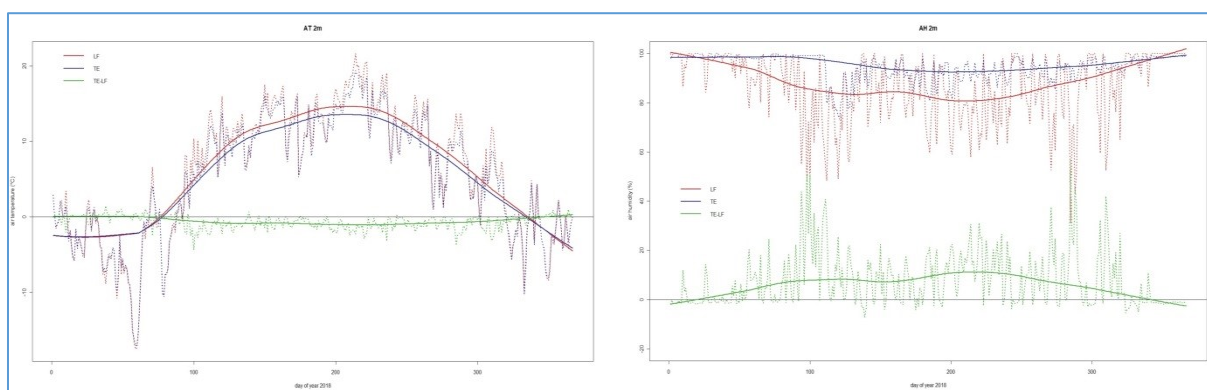
Tabulka M4: Relativní vlhkost vzduchu pro nezimní období (V-XI) ve 2 m (AH2) a 0,3 m (AH0,3) nad zemí na horském a údolním vrchovišti a v porostu rašelinné smrčiny v roce 2018.

rašeliniště	kód	biotop	poloha	Nadm. Výška (m)	stát	AH2 průměr %	AH 2 MAX %	AH 2 MIN %	AH 2 AMPL	AH 0,3 průměr %	AH 0,3 MAX %	AH 0,3 MIN %	AH 0,3 AMPL
Grosser Filz am Spitzberg	GFS	vrchoviště	vrchol	1320	GER	79 ± 15	100	3	97	83 ± 13	100	8	92
Záhvozdí	ZAH	vrchoviště	údolí	730	CZ	81 ± 8	99	25	74	82 ± 8	99	25	75
Latschenfilz	LF	rašelinná smrčina	vrchol	1150	GER	83 ± 13	100	10	90				
Tetřevská slať	TE	rašelinná smrčina	pláně	1100	CZ	86 ± 8	99	15	85	93 ± 4	99	34	65

Získaná data naznačují, že v období mimo zimu jsou údolní vrchoviště mírně teplejší než vrchoviště na horských hřebenech, je zde ale vyšší amplituda kolísání teploty vzduchu jak v blízkosti země, tak ve výšce 2 m nad zemí. Mají však mnohem stabilnější relativní vlhkost vzduchu než horská vrchoviště, i když průměrné hodnoty vlhkosti jsou srovnatelné. Nejstabilnější mikroklimatické podmínky vykazovaly rašelinné smrčiny, zejména v přízemních vrstvách.



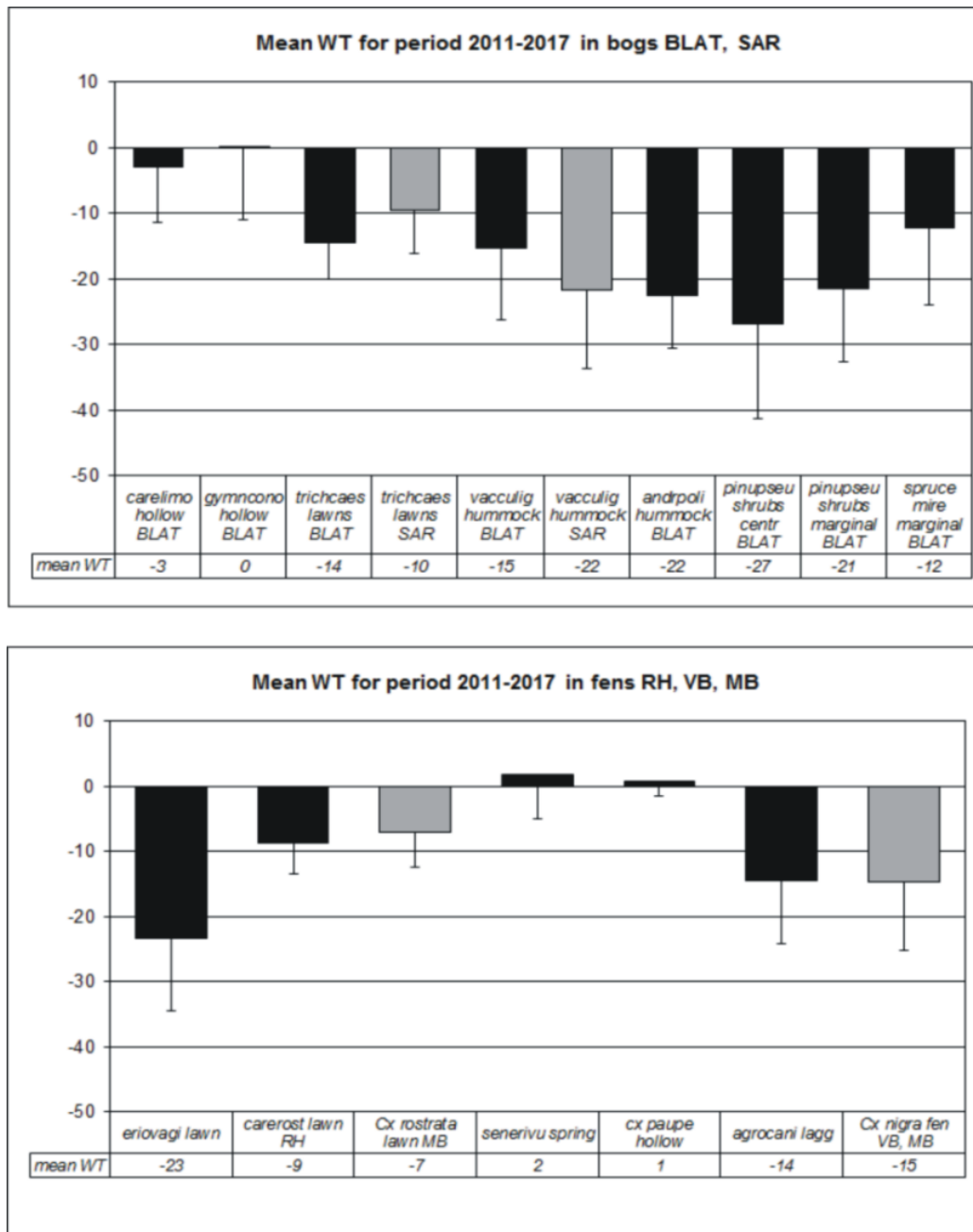
Obr. M4a, b: a) Teplota vzduchu na horském (GFS) a údolním vrchovišti (ZAH) ve výšce 2 m a 0,3 m nad zemí (graf na levé straně); b) relativní vlhkost vzduchu na horském a údolním vrchovišti ve výšce 2 m a 0,3 m nad zemí (graf na pravé straně); Legenda: GFS - Grosser Filz am Spitzberg, ZAH - Zahvozdi; AT 2m - teplota vzduchu ve 2m nad zemí, AT 0,3m - teplota vzduchu 0,3 m nad zemí, AH 2m - relativní vlhkost vzduchu 2 m nad zemí, AH 0,3 m - relativní vlhkost vzduchu 0,3 m nad zemí.s



Obr. M5a, b: a) Teplota vzduchu v porostech rašelinných smrčín LF a TE ve výšce 2 m a 0,3 m nad zemí (graf na levé straně); b) relativní vlhkost vzduchu v porostech rašelinných smrčín LF a TE ve výšce 2 m a 0,3 m nad zemí (graf na pravé straně); Legenda: LF - Latschenfilz, TE – Těťevská slať; AT 2m - teplota vzduchu ve 2m nad zemí, AT 0,3m - teplota vzduchu 0,3 m nad zemí, AH 2m - relativní vlhkost vzduchu 2 m nad zemí, AH 0,3 m - relativní vlhkost vzduchu 0,3 m nad zemí.

2. Hladina podzemní vody

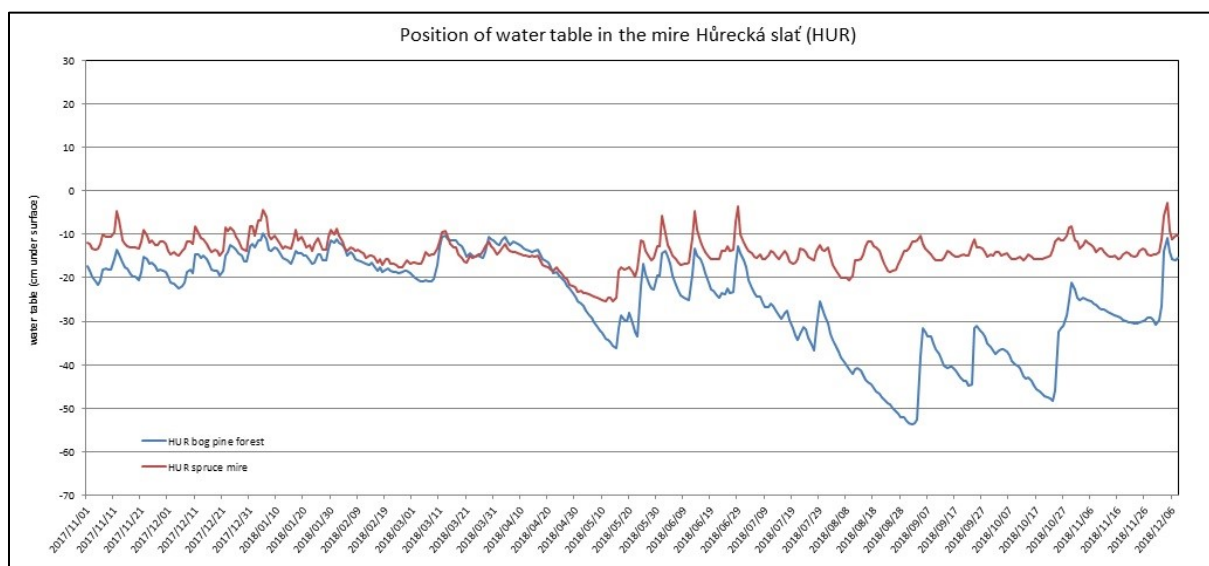
Výsledky měření hladiny podzemní vody (WT) v průběhu projektu a v předchozích letech ukazují jasné rozdíly ve vodním režimu různých typů rašelinišť. Rozdíly jsou patrné zejména mezi rašeliništi, které jsou závislé hlavně na přísunu vody z atmosférických srážek (ombrotrofní vrchoviště), a minerotrofními rašeliništi, které jsou kromě srážek významně zásobovány i podzemními vodami. Na minerotrofních rašeliništích je hladina podzemní vody v průměru vyšší než na vrchovištích (**Obr. M6**).



Obr. M6: Průměrná WT měřená v roce 2011-2017 v různých částech mikroreliefu a vegetace na ombrotrofním vrchovišti (BLAT, SAR) (horní graf) a minerotrofním nelesním fénu (RH, VB, MB) (graf dole). Legenda: carelimo hollow – šlenky s převahou *Carex limosa*; gymnoco hollow – šlenky bez vegetace; trichcaes lawns – trávníčky s dominancí *Trichophorum caespitosum*; vacculig hummocks – buly s dominancí *Vaccinium uliginosum*; andropoli hummocks – buly s dominancí *Andromeda polifolia*; pinupseu shrubs centr – nízké porosty *Pinus x pseudopumilio* v otevřené části rašeliniště; pinupseu shrubs marginal – vzrostlé porosty *Pinus x pseudopumilio* na okraji rašeliniště; spruce mire marginal – porosty *Sphagno-*

Piceetum navazující na rašeliniště; eriovagi lawn – porosty s dominancí *Eriophorum vaginatum*; carerotr lawn – zaplavené trávníky s dominancí *Carex rostrata*; senerivu spring – aktivní prameniště; cypaupe hollow – šlenky s dominancí *Carex paupercula*; agrocani lagg – lag rašeliniště s *Agrostis canina*; Cxnigra fen – luční porost s *Carex nigra*.

Hladina podzemní vody na lokalitě Hůrecká slať (HUR, automatické měření) dobře ukazuje rozdíly mezi minerotrofními rašelinnými smrččinami s vysokou hladinou vody a vyváženým vodním režimem a blatkovým borem na údolním vrchovišti, kde je hladina vody výrazně ovlivněna nedostatkem srážek a teplotními extrémy v létě 2018 (**Obr. M7**).



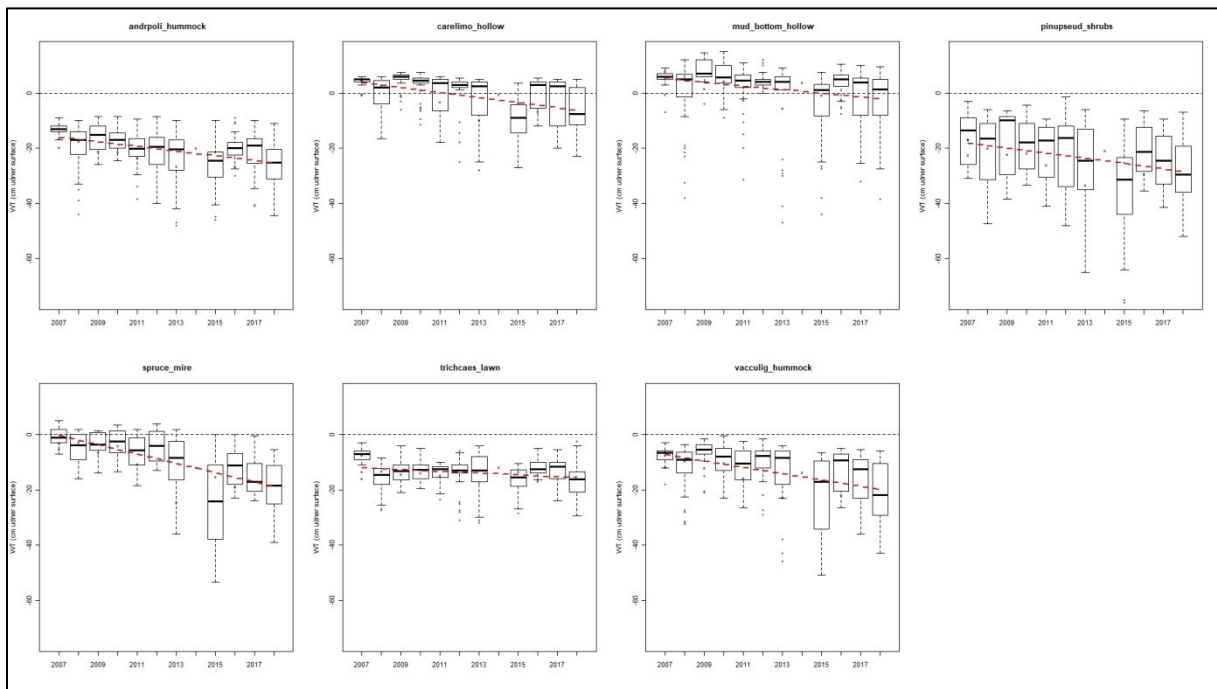
Obr. M7: Kolísání hladiny podzemní vody na dvou různých rašeliništích na lokalitě Hůrecká slať (HUR) během roku 2018.

Kombinací výsledků získaných v rámci projektu spolu s daty z předchozích dlouhodobých měření v NP Šumava byly získány delší časové řady, které umožňují analýzu meziročních změn a možných trendů v úrovni hladiny podzemní vody. Na nenarušených rašeliništích mohou tyto změny odrážet probíhající klimatické změny a současné teplotní i srážkové extrémy.

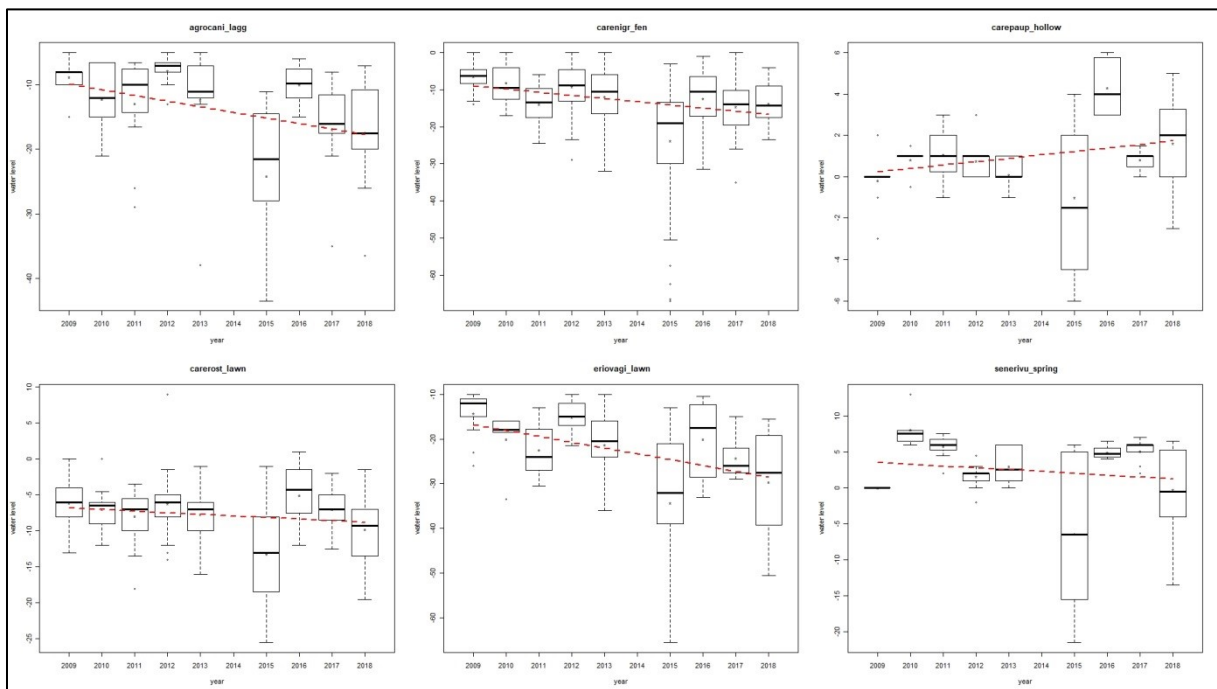
Pokud jde o meziroční změny v pozici hladiny podzemní vody, i zde jsou jasné rozdíly mezi ombrotrofními vrchovišti a minerotrofními rašeliništi. **Obr. M8** ukazuje změny průměrné hladiny vody na nenarušeném horském vrchovišti Blatenská slať (BLAT) od roku 2007. Tyto údaje ukazují statisticky významný pokles WT u následujících typů mikroreliefu a vegetace: šlenky s *Carex limosa* ($p = 0,007836$ **), bulty s *Andromeda polifolia* ($p = 0,005671$ **), bulty s *Vaccinium uliginosum* ($p = 0,002454$ **), keře *Pinus x pseudopumilio* ($p = 0,01711$ *) a rašelinné smrčiny *Sphagno-Piceetum* ($p = 0,001484$ **). Na hranici prokazatelnosti je snížení WT ve šlencích bez vegetace a s bahnitým dnem s porosty *Gymnocolea inflata* ($p = 0,06944$); u trávníků s *Trichophorum caespitosum* nebyly zjištěny žádné významné změny ($p = 0,1657$).

Naproti tomu u nenarušených přechodových rašelinišť a lučních slatin, které oba představují otevřená minerotrofní rašeliniště, byly zaznamenány meziroční změny WT statisticky neprůkazné pro téměř všechny mikrotopografické a vegetační struktury (**Obr. M9**). Jedinou výjimkou jsou trávníky s *Eriophorum vaginatum* ($p = 0,07$) v místech na hlubší vrstvě rašeliny, které pravděpodobně již představují přechod k ombrotrofním systémům. Provedené analýzy naznačují, že minerotrofní rašeliniště bohatě zásobené podzemní vodou jsou v porovnání s ombrotrofními horskými vrchovišti

schopny se mnohem lépe vyrovnat s opakujícími se suchými periodami, nedostatkem srážek a zvyšujícími se teplotami.



Obr. M8: Průměrné hodnoty WT měřené v letech 2007-2018 v různých typech mikroreliéfu a vegetace na ombrotrofním vrchovišti (BLAT). Legenda viz. Obr. 6.



Obr. M9: Průměrné hodnoty WT měřené v letech 2007-2018 v různých typech mikroreliéfu a vegetace na minerotrofních rašeliništích (KREM, RH, VB). Legenda viz. Obr. 6.

Vodní ekosystémy

Aktivity projektu popsané v následujícím textu jsou v návrhu projektu uvedeny pod čísly **A1.5** a **A1.6** jako monitoring vodních ekosystémů.

Témata monitoringu

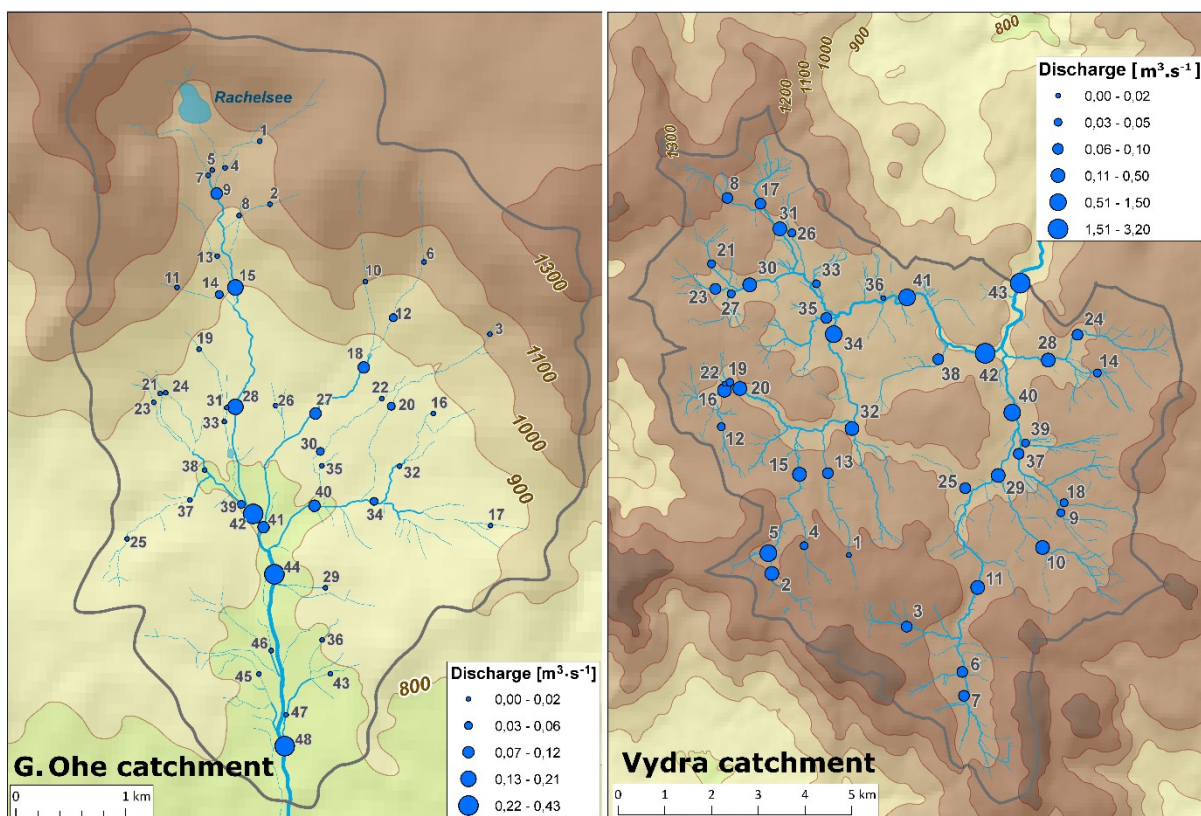
Monitoring vodních ekosystémů v rámci projektu Silva Gabreta zahrnuje šest různých studií, které jsou plánované jako přeshraniční nebo oddělené, tj. realizované jen v NP Šumava či NP Bavorský les. **Přeshraniční studie** zahrnují dvě témata: monitoring modelových povodí Grosse Ohe a Vydra (**Téma 1**) a monitoring vrchovištních tůní (**Téma 2**). **Separátní studie** zahrnují šest témat s různým zaměřením, která jsou specifická pro českou či bavorskou část zkoumaného území. Na území NP Bavorský les byl realizován monitoring klimatu a biodiversity toků podél gradientu nadmořské výšky (**Téma 3**) s cílem vyhodnotit změny diverzity a případné posuny výskytu druhů výše proti proudu toků způsobené klimatickými změnami. Navíc design této studie umožňuje zkoumat vliv struktury lesa přirozeně změněné napadením kůrovcem na chemismus vody odtékající z povodí a na strukturování vodních společenstev obývajících dno toků. Na území NP Bavorský les byl dále uskutečněn klimatický monitoring v okolí jezera Rachelsee (**Téma 4**). Na území NP Šumava byl monitoring vodních ekosystémů zaměřen na dynamiku nových vodních biotopů a jejich obyvatel v revitalizovaných potocích ve Vltavském luhu (**Téma 5**) a hydrochemický monitoring povodí Plešného a Čertova jezera (**Téma 6**).

Metodika a výsledky

Téma 1: Společný monitoring povodí Grosse Ohe a Vydry

Metodika

Povodí Grosse Ohe (GO) a Vydry (VY) slouží jako modelové říční sítě pro stadium environmentálního a prostorového strukturování společenstev makrozoobentosu (tj. společenstev obývajících dno toků) na lokální škále. Cílem je vyhodnotit mechanismy řídící strukturování společenstev v rámci říční sítě a roli chemie vody a struktury lesa v povodí na jejich složení. Tato povodí se liší v podmínkách prostředí navzdory tomu, že spolu sousedí. Povodí GO je menší, strmé s převládajícími listnatými lesy (jižní svahy Šumavy), zatímco povodí VY leží na horkých Pláních charakteristických převládajícími jehličnatými lesy a rozsáhlým územím rašelinišť (**Obr. W1, W6**). V rámci obou povodí bylo studováno přibližně 50 lokalit tak, aby byla pokryta variabilita velikosti toků a podmínek prostředí v rámci každého povodí a prostorová struktura říční sítě (**Obr. W1, W6**). Makrozoobentos byl odebrán pomocí standardizované multihabitatové metody AQEM (AQEM Consortium 2002), proto jsou získaná data srovnatelná s monitoringem toků v NP Bavorský les (Téma 3).



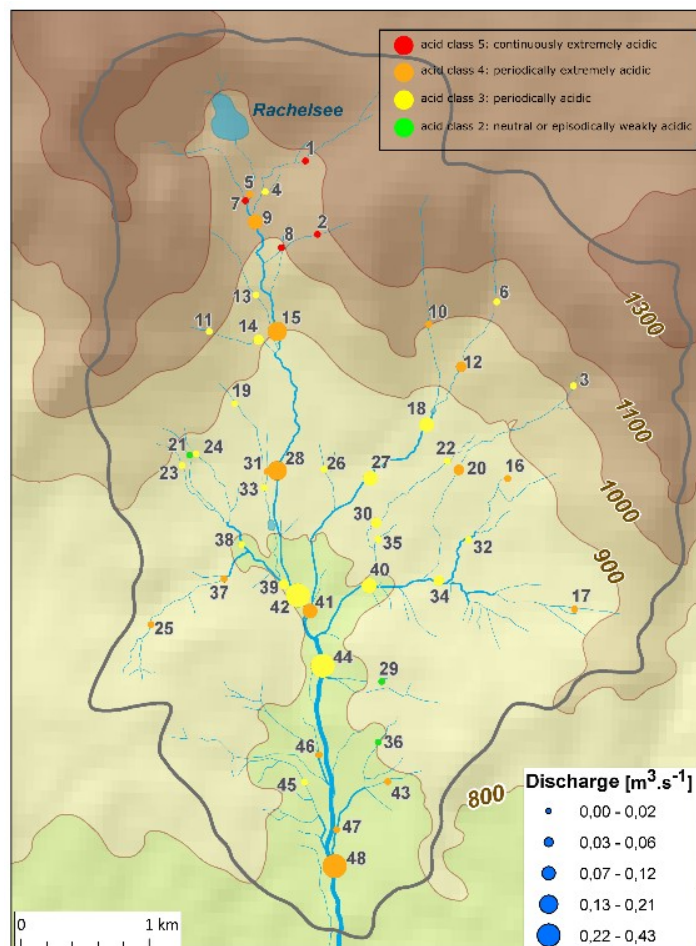
Obr. W1: Lokalizace odběrových lokalit (modrá kolečka) v rámci povodí Grosse Ohe a Vydry (Téma 1) v NP Bavorský les a NP Šumava. Velikost koleček reprezentuje velikost řeky vyjádřenou průtokem. Mapy mají různé měřtko. Lokalizace povodí v rámci studovaného přeshraničního území je na obrázku W6.

Výsledky

Studovaná povodí GO a VY jsou odlišná svou strukturou, nicméně představují typická povodí pro daná území, tzn. bohatě větvená říční síť, strmý terén povodí s velmi různorodým lesem v NP Bavorský les a povodí s nízkým sklonem na horském plató s charakteristickými rašeliništi, převládajícími smrčiny a drsnými klimatickými podmínkami v NP Šumava. Studované lokality jsou rozmístěny rovnoměrně v obou povodích a pokrývají reálnou distribuci Strahlerových řádů toků v rámci povodí (**Obr. W1**). Proto data o klíčových ekologických gradientech a druhové diverzitě v rámci povodí poskytují skutečně detailní vhled do mechanismů strukturování společenstev na lokální škále.

Detailní vyhodnocení dat z povodí GO již bylo publikováno ve speciálním čísle časopisu *Silva Gabreta* věnovanému tomuto projektu (Bojková et al. 2018). Toto vyhodnocení bylo zaměřeno především na vliv acidifikace vody na současnou diverzitu vodních společenstev a jejich strukturu a rekolonizaci toků druhy citlivými na kyselost vody. Výsledky ukázaly, že řád toku (čili jeho velikost) a kyselost vody jsou hlavními ekologickými gradienty formujícími společenstva makrozoobentosu, které jsou dále ovlivňovány také lokálními podmínkami (jako je množství hrubé organické hmoty v tocích, koncentrace toxického hliníku, hloubkou vody a některými ukazateli chemismu vody). Druhová bohatost společenstev překvapivě nebyla ovlivněna acidifikací, byla pozitivně závislá na velikosti toku a negativně na množství hrubé organické hmoty v tocích. Naopak abundance makrozoobentosu byla signifikantně ovlivněna acidifikací a koncentrací toxického hliníku a byla silně snížena koncentracemi toxického hliníku většími než $53 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Ve srovnání s dřívějšími daty z období silného vlivu acidifikace (především 80. léta 20. století) bylo nyní zjištěno mnohem více druhů jepic (Ephemeroptera), vodních brouků (Coleoptera) a dvoukřídlých (Diptera), které zahrnovaly několik velmi citlivých druhů ke kyselosti vody, což indikuje probíhající zotavování toků z vlivů acidifikace. Celkově jsme našli stejný

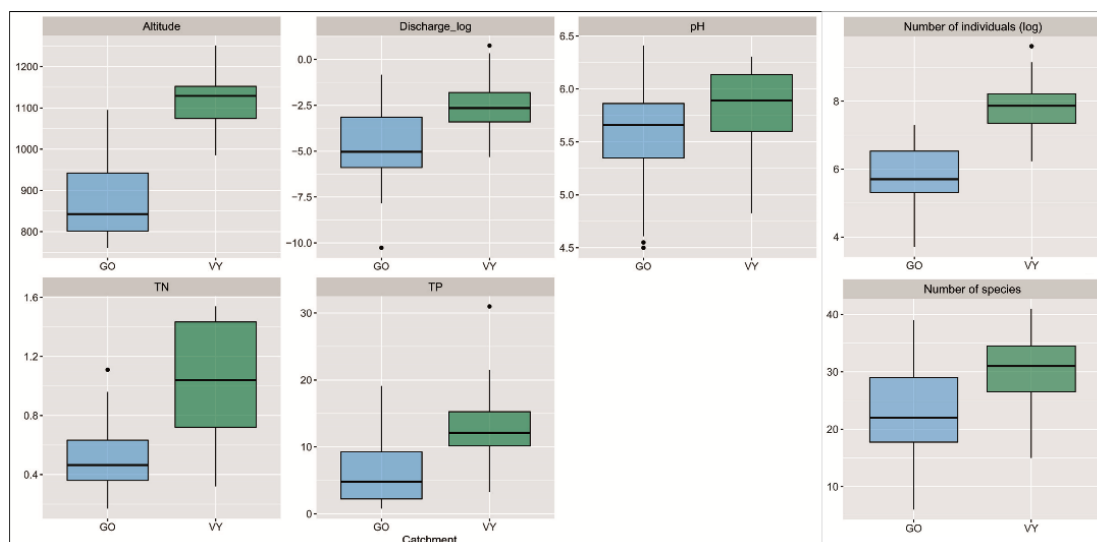
počet druhů tolerantních a rezistentních ke kyselosti vody jako v předcházejícím období (58 a 56 druhů), což je očekávatelné. Nicméně jsme našli 27 senzitivních a středně senzitivních druhů oproti pouhým 13 druhům nalezeným v období silné acidifikace toků. Ekologický stav toků na základě jejich kyselosti, který je vypočítán na základě celkového složení makrozoobentosu v tocích, ukázal převažující kategorii 3 (periodically acidic conditions) s významným počtem toků kategorií 4 a 5, které indikují silný stres (**Obr. W2**).



Obr. W2: Stav toků na základě jejich kyselosti stanovený na základě složení společenstev, kdy klasifikace druhů je založena na metodice Braukmanna & Biss (2004). Barva koleček značí stav toků dle metodiky, velikost koleček ukazuje průtok toků, který reprezentuje velikost toků. Lokalizace povodí je na Obr. W6.

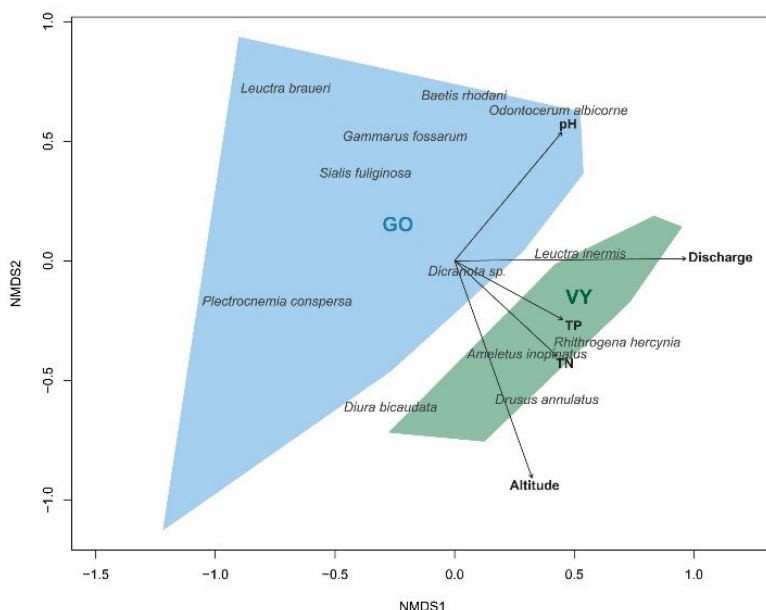
Celkově stav toků nesleduje nadmořskou výšku ani velikost toku a není závislý na žádné měřené vlastnosti toku v rámci povodí GO, což ukazuje, že říční síť funguje jako mozaika různých lokálních podmínek, které determinují chemii vody. Makrozoobentos tak může najít vhodné podmínky a útočiště v některých méně zasažených částech povodí.

Vyhodnocení druhových a environmentálních dat z povodí VY a jejich srovnání s povodím GO jsou zatím nepublikované. Zde z důvodu velkého rozsahu výsledků uvádíme pouze vybraná důležitá fakta, která popisují hlavní informaci v datech. Řeky povodí Vydry jsou obecně větší (větší průtok), protože odvodňují větší území a jsou výše položené oproti povodí GO (**Obr. W3**), což může ovlivňovat jak biotu, tak podmínky v tocích. Mají srovnatelné pH, ale vyšší koncentraci celkového dusíku (TN) a fosforu (TP), čili více živin. Celková abundance makrozoobentosu je překvapivě mnohem vyšší oproti povodí GO, z čehož vyplývá i vyšší počet nalezených druhů (**Obr. W3**).



Obr. W3: Porovnání hlavních environmentálních charakteristik toků v povodích GO a VY (vlevo) a jejich druhové bohatosti a abundance (vpravo).

Společenstva makrozoobentosu obou povodí jsou ovlivněná pH a vlastnostmi toků odvozenými z jejich velikosti a průtoku (**Obr. W4**). Jsou variabilnější v povodí GO kvůli širším gradientům ve velikosti toků a pH oproti povodí VY. V povodí GO bylo zjištěno více druhů charakteristických pro velmi malé potoky (např. *Leuctra braueri* početná v potůčcích s listovým opadem, viz **Obr. W4**) a častější a početnější druhy citlivé ke kyselosti (např. chrostíci čeledí Glossosomatidae a Hydropsychidae, jepice *Baetis rhodani* nenalezená v povodí VY a častější a mnohem početnější blešivec potoční *Gammarus fossarum*; viz **Obr. W4**). Povodí VY je charakteristické několika velmi početnými druhy, které jsou mnohem vzácnější v povodí GO. Jedná se především o rheophilní chrostíky rodu *Drusus* (zejména *D. annulatus*) a druhy *Apatania fimbriata*, *Silo pallipes*, a *Rhyacophila evoluta*, kteří preferují hrubý substrát dna toků. Jepice *Ameletus inopinatus* a *Rhithrogena hercynia* byly v povodí GO nalezeny skutečně zřídka. To ukazuje, že říční sítě v jádrové oblasti obou národních parků jsou obývány odlišnými společenstvy makrozoobentosu (**Obr. W6**), jejichž složení je určeno různými faktory prostředí, zejména chemickými parametry (živinami a rozpuštěným organickým uhlíkem) a vlastnostmi dna (kvalita a složení partikulované organické hmoty, mechy a hrubost substrátu). Další detailnější analýzy jsou potřeba k oddělení vlivu lokálních environmentálních podmínek a prostorové struktury podmínek a prostorové struktury říční sítě na strukturu společenstev a také k testování, zda vlastnosti povodí (především struktura lesa) má vliv na vodní společenstva skrze změnu prostředí v tocích. Získaná data splňují cíle projektu Silva Gabreta monitoring, tj. poskytnout znalosti o ekologickém stavu toků v jádrové oblasti národních parků se speciálním zaměřením na vlivy acidifikace. Navíc poskytují vhodný dataset k testování obecných ekologických otázek týkajících se strukturování metakomunit na pozadí zajímavé přírodní diversity prostředí v povodích. Toto téma bude dále rozvíjeno v dalších analýzách a spolupráce projektových partnerů.



Obr. W4: Graf NMDS zobrazující nepodobnosti (Bray-Curtis distance) mezi povodími GO a VY. Zobrazeny jsou signifikantní environmentální charakteristiky popisující gradient v druhových datech a vybrané charakteristické druhy makrozoobentosu.

Téma 2. Společný monitoring vrchovištních tůň

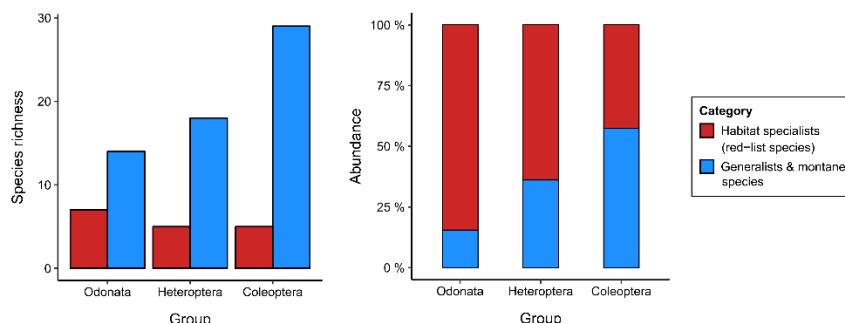
Metody

Toto téma je zaměřeno na výzkum 54 tůň náležejících do 22 skupin blízko ležících tůň nebo přehrazených drenáží s cílem získat první skutečně komplexní data o biodiverzitě těchto unikátních reliktních stanovišť. Byla studována všechna vrchoviště, která mají tůň, na území NP Šumava a NP Bavorský les. Byly studovány následující skupiny bezobratlých (každá pomocí rozdílné metodiky): zooplankton – Rotifera a Crustacea (vzorkování planktonní sítí o velikosti oka 50 μm), bentický hmyz (ruční síť o velikosti oka 0.5 mm), volně plavající vodní hmyz – Heteroptera a Coleoptera (světelné a aktivity pasti) a dospělci vážek (smýkáč síť). Byly měřeny základní proměnné prostředí: hloubka a velikost tůň, litorální vegetace, substrát dna, pH a vodivost vody, chlorophyl a, rozpuštěný a partikulovaný uhlík, celkový fosfor a dusík. Datalogery kontinuálně měřící teplotu vody byly instalovány do všech tůň.

Výsledky

Monitoring vrchovištních tůň byl zaměřen především na inventarizaci druhů obývajících toto unikátní stanoviště pro účely ochrany tohoto prostředí. Znalosti o rozšíření a velikosti populací ohrožených stanovištních specialistů obývajících tůň jsou naprosto zásadní pro plánování managementu ochrany těchto stanovišť v NP Šumava i NP Bavorský les. Design studie byl zaměřen na široké spektrum bezobratlých, následující text se věnuje nejdůležitějším skupinám, vážkám (Odonata), vodním plošticím (Heteroptera) a vodním broukům (Coleoptera), které zahrnují cílové druhy pro ochranu stanoviště. Tyto skupiny byly studovány komplexem metod tak, aby přesně popsaly jejich diverzitu na lokalitách. Celkem jsme zjistili 14 druhů vážek (Odonata) v celkovém (obrovském) počtu 4056 jedinců zachyceném v larválním stádiu, v exuvii či chyceném a znovu vypuštěném dospělci. Tento počet druhů není příliš vysoký ve srovnání s jinými typy tůň, ale obecně extrémní stanoviště nejsou jedinečná z pohledu počtu druhů, ale z počtu a početnosti stanovištních specialistů. To platí i pro vrchovištní tůň,

kteřé jsou obývány početnými tyrphobiontními a tyrphophilními vážkami, které neobývají jiný typ stanoviště, a proto jsou považovány za silně ohrožené. Až polovina z celkového počtu druhů (**Obr. W5**) je registrována v Červeném seznamu bezobratlých České Republiky a/nebo v Červeném seznamu Německa (Binot et al. 1998; Hejda et al. 2017).



Obr. W5: Počet druhů (levý graf) kategorizovaných jako stanovištní specialista (druhy registrované v červených seznamech) a stanovištní generalista a/nebo obecný horský druh nalezených ve vrchovištních tůňích. Pravý graf ukazuje jejich podíl z celkového počtu jedinců (abundance).

Prominentními druhy jsou šídlo rašelinné *Aeshna subarctica* (zahrnuté take v seznamu zvláště chráněných druhů, příloha zákona č. 114/1992 Sb. České republiky) a šídlo horské *Aeshna caerulea* (glaciální relikv ve střední Evropě). Oba druhy jsou kategorizovány jako ohrožené v České republice (Hejda et al. 2017) a kriticky ohrožené v Německu (Binot et al. 1998) (**Tabulka W1**). Výskyt obou druhů je omezen na tůň horských vrchovišť s bohatým plovoucím rašeliníkem a tlustou vrstvou rašeliny. Dalším velmi vzácným druhem je lesklice horská *Somatochlora alpestris* považovaná za kriticky ohroženou v Německu, kde má velmi omezený výskyt. Tento boreo-alpínský druh má ve střední Evropě pouze několik izolovaných horských populací, které preferují rašelinné tůňe.

Další důležitou skupinou zahrnující řadu stanovištních specialistů jsou vodní ploštice (**Heteroptera**). Celkem 5 z celkově zjištěných 18 druhů je registrováno v červených seznamech (**Obr. W5**). Nejpozoruhodnějším druhem jsou klešťanka horská *Glaenocoris propinqua*, klešťanka rašelinná *Cymatia bondsdorffii* a znakoplavka tmavá *Notonecta obliqua*, které jsou v České republice považované za ohrožené (**Tabulka W1**). *G. propinqua* je vzácným boreo-montánním druhem početným na Šumavě a řídce nacházeným v některých sudetských pohořích (např. Krušné hory na české i německé straně, přehrady v Jizerských horách). *C. bondsdorffii* je typickým obyvatelem různých typů rašeliníšť s dominancí *Sphagnum* ve vegetaci a i když je zde běžným druhem, mimo ně se nevyskytuje. Je známá z hercynských pohoří. *O. obliqua* je řídce nacházena v dystrofních a oligotrofních vodách, hlavně rašeliníštích a tůňích v lomech. U obou skupin, Odonata a Heteroptera, abundance stanovištních specialistů (tzn. tyrphophilních a tyrphobiontních druhů a druhů preferujících rašeliníště a dystrofny) jednoznačně dominuje nad abundancí zbylých druhů (tj. generalistů a obecných horských druhů) (**Obr. W5**). To podtrhuje unikátnost studovaných vrchovištních tůň pro ochranu jejich populace ve střední Evropě, kde většina výše zmíněných specialistů má disjunktivní rozšíření. Vodní brouci (**Coleoptera**) mají největší druhovou bohatost (**Obr. W7**) ze všech skupin studovaných ve vrchovištních tůňích. Nalezli jsme tři tyrphophilní druhy brouků, dva z nich jsou vzácní (*Ilybius aenescens* a *Rhantus suturellus*), a několik acidofilních druhů, kterou jsou běžné především na rašeliníštích, rašelinných rybnících a zastíněných dystrofních tůňích s tlejícím listím, kde často dosahují velkých početností. Více než polovina druhů vodních brouků vrchovištních tůňí náleží k eurytopním druhům běžným v různých typech vodních stanovišť, čímž se liší od vážek a ploštic (**Obr. W5**).

Tabulka W1: Seznam druhů vodních brouků, ploštic a vážek zařazených v červených seznamech (Binot et al. 1998; Hejda et al. 2017), které byly nalezeny ve vrchovištních tůních. Kategorie 1, 2, 3 a V užívané v německém červeném seznamu (Binot et al. 1998) korespondují s IUCN kategoriemi CR, EN, VU, and NT užívaným v českém červeném seznamu bezobratlých (Hejda et al. 2017).

Skupina	Druh	Červený seznam ČR / Německo
Odonata	<i>Aeshna caerulea</i>	EN / 1 (CR)
	<i>Aeshna subarctica</i>	EN / 1 (CR)
	<i>Somatochlora alpestris</i>	VU / 1 (CR)
	<i>Leucorrhinia dubia</i>	NT / 2 (EN)
	<i>Coenagrion hastulatum</i>	NT / 3 (VU)
	<i>Aeshna juncea</i>	NT / 3 (VU)
	<i>Cordulia aenea</i>	- / V (NT)
Heteroptera	<i>Glaenocoris propinqua</i>	EN / 1 (CR)
	<i>Cymatia bondsdorffii</i>	EN / 2-3 (EN-VU)
	<i>Notonecta obliqua</i>	EN / V (NT)
	<i>Notonecta lutea</i>	VU / 2-3 (EN-VU)
Coleoptera	<i>Rhantus suturellus</i>	VU / 3 (VU)
	<i>Ilybius aenescens</i>	NT / 3 (VU)
	<i>Graphoderus zonatus</i>	NT / 3 (VU)
	<i>Hydroporus obscurus</i>	- / 3 (VU)
	<i>Nebrioporus elegans</i>	- / V (NT)

Závěrem lze říci, že druhová data získaná monitoringem vrchovištních tůní přináší první detailní informace o vodních společenstvech tohoto unikátního biotopu, jehož pozůstatky jsou silně fragmentované a roztroušené ve střední Evropě. Obsahují důležité údaje o výskytu tyrphophilních a tyrphobiontních druhů a jejich početnosti. Nálezy ohrožených druhů budou zahrnuty do národní databáze NDOP Agentury ochrany přírody České republiky. Navíc byly studovány lokality přirozené, přírodní i lokality revitalizované přehrazováním odvodňovacích kanálů, což přináší další vhodné údaje o fungování revitalizací a pro budoucí plánování ochrannářského managementu a revitalizací.

Téma 3. Monitoring biodiversity tekoucích vod a klimatu v NP Bavorský les

Metody

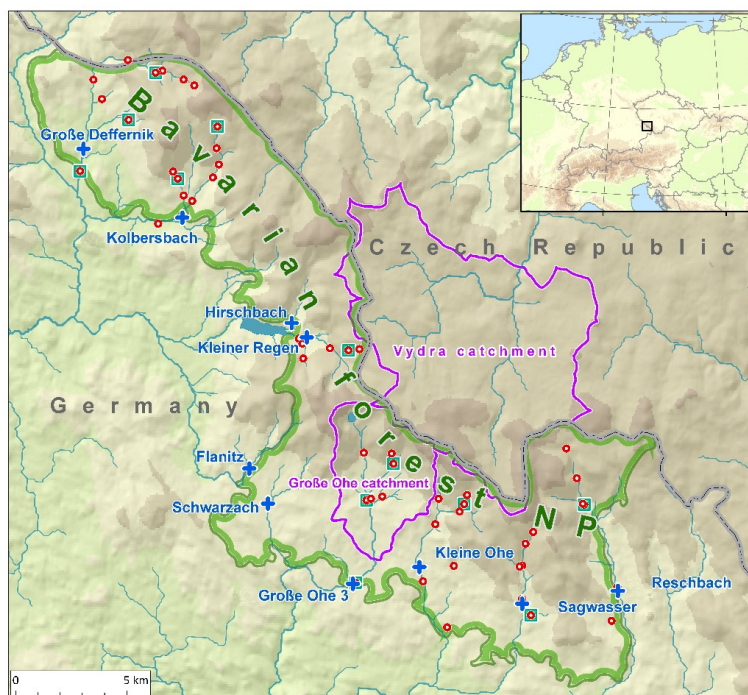
Toto téma má dvě hlavní části:

A) Vývoj a provedení monitoračního schématu v tekoucích vodách na území NP Bavorský les, který je založen na (i) vzorkování a vyhodnocení společenstev makrozoobentosu a (ii) vyhodnocení genetiky 20 populací pěti vybraných druhů.

B) Shrnutí dat a informací o vodní biodiverzitě tekoucích vod s využitím různých metod, vzorkování makrozoobentosu v tocích v různých obdobích roku, chytání dospělců vodního hmyzu do Malaiseho pastí, monitoring submerzní vegetace, hub, pobřežních brouků a ryb, a rešerše literárních zdrojů.

Zkoumáno bylo 7 z 10 hlavních toků odvodňujících celou oblast NP Bavorský les (**Obr. W6**). Celkově 51 lokalit reprezentujících padesátimetrové úseky toků bylo umístěno každých sto výškových metrů až po nadmořskou výšku 1100 m n. m. Vodní společenstva byla zkoumána pomocí standardizované

multihabitatové metody, kdy bylo odebráno 20 vzorků rozmístěných podle proporčního zastoupení mesohabitatů. Na každé lokalitě byly stanoveny či změřeny důležité proměnné jako je zastínění, podíl mrtvého dřeva a byly instalovány dataloggery kontinuálně měřící teplotu vody (Hobo Onset Pendant). Malaiseho pasti byly instalovány na 12 z 51 lokalit v nadmořské výšce 610–1100 m (**Obr. W6**). Vzorky dospělců lapaných Malaiseho pastmi představují species pool studované oblasti nejdůležitějších řádů vodního hmyzu, Ephemeroptera, Plecoptera a Trichoptera.



Obr. W6: Lokalizace odběrových lokalit (červené symboly s bílým středem) a Malaiseho pastí (zelené čtverce) studované v rámci monitoring toků a klimatu (Téma 3) v NP Bavarský les. Bylo studováno sedm z deseti hlavních řek odvodňujících studovanou oblast (názvy toků jsou označeny modře). Fialově ohraničené oblasti ukazují lokalizaci modelových povodí GO a VY, které byly studovány v rámci Tématu 1.

Společenstva vodního makrozoobentosu byla vzorkována v první polovině května, což je doporučené období pro nižší pohoří v metodice pro monitoring ekologického stavu toků pro Evropskou direktivu o vodách (Haase et al. 2004). Každý vzorek se skládá z 20 podvzorků reflektující mesohabitatovou strukturu v rámci studovaného padesátimetrového úseku. Vzorek je odebrán ruční sítí 25 x 25 cm, která je umístěna vertikálně na substrátu dna otvorem proti proudu a substrát je mechanicky rozrušován, takže voda strhává uvolněné organismy do sítě. Z každého vzorku je zpracován podvzorek o velikosti jedné šestiny obsahující alespoň 350 jedinců makrozoobentosu. Makrozoobentos je uchován v ethanolu a determinován specialisty (Haase et al. 2004).

Genetické analýzy

K testování použitelnosti mikrosatelitů pro genetický monitoring byli vybráni jedinci náležející k šesti druhům makrozoobentosu. Z každého druhu bylo analyzováno 30 jedinců z jedné lokality odebraných

v letech 2016 a 2018. Druhy byly vybrány na základě jejich teplotních preferencí, abundance a možnosti jejich rozpoznání přímo v terénu (viz Tabulka W2).

Tabulka W2: Druhy vybrané pro populační genetiku a jejich charakteristiky podle Grafa et al. (2008).

Druh	Teplotní preference	Životní cyklus	Výskyt v NP Bavorský les
<i>Baetis alpinus</i> (Ephemeroptera: Baetidae)	oligostenotermní	merolimnický	Toky všech nadmořských výšek
<i>Brachyptera seticornis</i> (Plecoptera: Taeniopterygidae)	eurtermní	merolimnický	Toky všech nadmořských výšek
<i>Drusus discolor</i> (Trichoptera: Limnephilidae)	oligostenotermní	merolimnický	Toky výše než 600 m n. m.
<i>Gammarus fossarum</i> (Amphipoda: Gammaridae)	eurtermní	hololimnický	Většina nekyselých toků
<i>Hydropsyche tenuis</i> (Trichoptera: Hydropsychidae)	oligostenotermní	merolimnický	Úseky v dolní části NP Bavorský les
<i>Liponeura cinerascens</i> (Diptera: Blephariceridae)	oligostenotermní	merolimnický	Kamenité toky, hlavně severozápadní část NP Bavorský les

DNA extrakce, COI barcoding, PCR

DNA byla extrahována z těla organismů pomocí HotShot metody (Truett et al. 2000). K verifikování identifikace malých jedinců a samic druhu *B. seticornis* byl sekvenován barkod COI pomocí univerzálních primerů BF2 a BR2 (Elbrecht & Leese 2017), LCO1490 a HCO2198 (Folmer et al. 1994). PCR byla provedena s 2 µl 5X MyTaq pufu, 0.8 µl na každý primer, 0.1 µl MyTaq polymerasou (5U/µl), 1 µl DNA templatem a nuclease-free vodou. Podmínky PCR byly 1 min. při 95°C, následovaná 35 cykly při 95°C (20 s), 50°C (30 s), a 72°C (60 s), a nakonec 5 min. při 72°C. Sekvence byly editovány pomocí programu Geneious (version 11). Analýzy k vyloučení špatného určení jedince byly provedeny pomocí programu BLAST.

Microsatellite development and testing

Testovali jsme aplikovatelnost publikovaných mákrů mikrosatelitů pro druhy (Pauls et al. 2007; Geismar et al. 2016), *Baetis alpinus* (Leys 2015) a *Gammarus fossarum* (Danacher et al. 2009; Westram et al. 2010). Pro tři druhy (*Brachyptera seticornis*, *Hydropsyche tenuis*, *Liponeura cinerascens*) jsme vyvinuli nové mikrosatelity pomocí sekvenování. DNA byla extrahována z každého jedince podle Millera et al. (1988). Genomové knihovny byl připraveny s využitím NEBnext Ultra II DNA Library Preparation kit (New England Biolabs) s enzymatickou fragmentací.

Analýza dat

Genotypová data byla analyzována pomocí Bayesian clustering algorithm v softwaru software STRUCTURE (v. 2.3.4; Pritchard et al. 2000). Počet klastrů (K) ve vzorcích byl určen pomocí Evannovy metody (rozsah K 2–12; 20 opakování každý) (Evanno et al. 2005). Pro finální výpočty byly využity

admixture modely s korelovanými alelovými frekvencemi s burn-in periodou 10 tis. kroků následovaných 100 tis. MCMC opakováními. Obrázky byly nakresleny pomocí softwaru DISTRICT (v. 1.1) (Rosenberg 2003).

Výsledky

A) Monitoring biodiversity a klimatu toků

1) vzorkování a vyhodnocení společenstev makrozoobentosu

Na základě vzorků makrozoobentosu z doporučeného období (jaro 2016) na 51 monitorovaných úsecích toků byl vypočítán index ekologické kvality (EQC) pomocí software ASTERICS (<http://www.fliessgewaesserbewertung.de>). Index EQC je typově specifický a zahrnuje tři hlavní moduly, (i) obecnou degradaci vyjádřenou multimetrickým indexem (MMI), (ii) organické znečištění vyjádřené saprobním indexem (podle DIN 38 410, Friedrich & Herbst, 2004) a (iii) acidifikaci vyjádřenou acidifikačním indexem (Braukamm & Biss 2004). Typologie německých řek je podle Pottgiessera & Sommerhäusera (2004), kdy monitorované toky spadají do typu 5: male křemenité toky s kamenitým dnem v nižších pohořích. Celkový ekologický stav (EQC) je založen na výsledcích všech tří modulů, kdy skóruje vždy nejhorší výsledek.

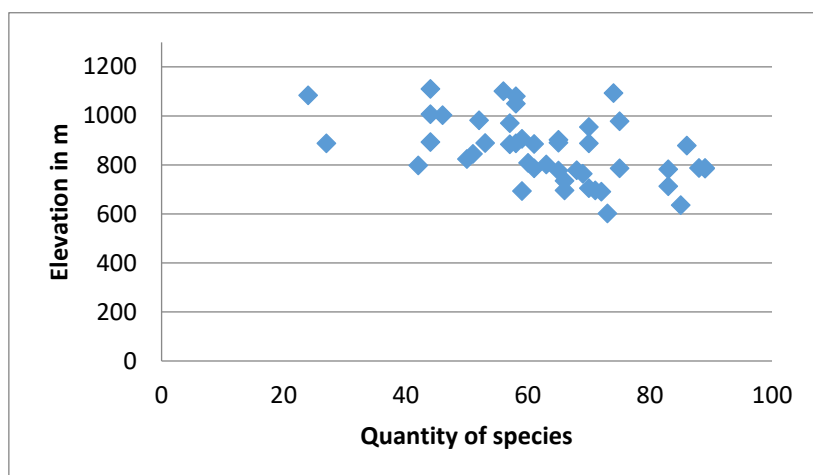
Celkově bylo určeno okolo 36 000 jedinců z 271 taxonů ve všech 51 úsecích v jarním období roku 2016. Seznam druhů je v appendix. Bylo nalezeno 12 taxonomických skupin makrozoobentosu: Bivalvia (1 taxon), Coleoptera (16 taxa), Crustacea (2 taxa), Diptera (42 taxa), Ephemeroptera (32 taxa), Gastropoda (1 taxon), Hirudinea (2 taxa), Megaloptera (2 taxa), Oligochaeta (8 taxa), Plecoptera (19 taxa), Trichoptera (99 taxa) a Turbellaria (5 taxa). Vyhodnocení ekologického stavu toků dle Rámcové směrnice o vodách EU (Tabulka W3) ukazuje, že sedm úseků toků vykazuje stav velmi dobrý, 41 toků dobrý a jeden úsek střední. Výsledky úseku GO3 by měly být interpretovány opatrně, protože celková abundance makrozoobentosu ve vzorku byla malá v porovnání s ostatními vzorky. U všech toků byla vysoká kvalita v modulu obecné degradace a u všech kromě dvou nízké organické znečištění. 40 toků mělo dobrý statut acidifikace, 10 toků vysoký a jeden střední, což indikuje mírný vliv acidifikace, což pak ovlivňuje celkový ekologický stav toků.

V tocích bylo zjištěno následující počet taxonů: Forellenbach 65 taxa, Große Deffernik 132 taxa, Große Ohe 96 taxa, Kolbersbach 141 taxa, Kleine Ohe 118 taxa, Kleiner Regen 97 taxa, Reschbach 99 taxa a Sagwasser 81 taxa (viz Data Base CD).

Tabulka W3: Výsledky vyhodnocení ekologického stavu toků

tok	lokality	EQC	Saprobity	Obecná degradace	Acidifikace
Forellenbach	FB	Vysoká	Vysoká	Vysoká	Vysoká
Grosse Deffernik	GD1	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	GD2	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	GD3	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	GD4	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	GD5	Vysoká	Vysoká	Vysoká	Vysoká
	GD6	Vysoká	Vysoká	Vysoká	Vysoká
	GD-R1	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	GD-R2	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	GD-R3	Vysoká	Vysoká	Vysoká	Vysoká
Große Ohe	GO2	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	GO3	Střední	Vysoká	Vysoká	Střední
	GO4	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	GO5	Dobrá	Dobrá	Vysoká	Vysoká
	GO-R1	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	GO-R2	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	GO-R3	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
Kolbersbach	KB1	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	KB2	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	KB3	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	KB4	Vysoká	Vysoká	Vysoká	Vysoká
	KB5	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	KB6	Vysoká	Vysoká	Vysoká	Vysoká
	KB-R1	Vysoká	Vysoká	Vysoká	Vysoká
	KB-R2	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	KB-R3	Vysoká	Vysoká	Vysoká	Vysoká
Kleine Ohe	KO1	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	KO2	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	KO3	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	KO4	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	KO5	Vysoká	Vysoká	Vysoká	Vysoká
	KO-R1	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	KO-R2	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	KO-R3	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
Kleiner Regen	KR1	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	KR2	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	KR3	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	KR4	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	KR-R1	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	KR-R2	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
Reschbach	RB1	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	RB2	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	RB3	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	RB4	Dobrá	Dobrá	Vysoká	Dobrá
	RB-R1	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	RB-R2	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
Sagwasser	SW1	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	SW2	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	SW3	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	SW4	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	SW-R1	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá
	SW-R2	Dobrá	Vysoká	Vysoká	Dobrá

Nadmořská výška 51 studovaných úseků toků byla od 601 do 1111 m nad mořem. Počet druhů zjištěný v tomto rozmezí však nevykazuje podle nadmořské výšky žádný trend (**Obr. W7**).



Obr. W7: Biodiversita makrozoobentosu podél gradientu nadmořské výšky (jaro 2016)

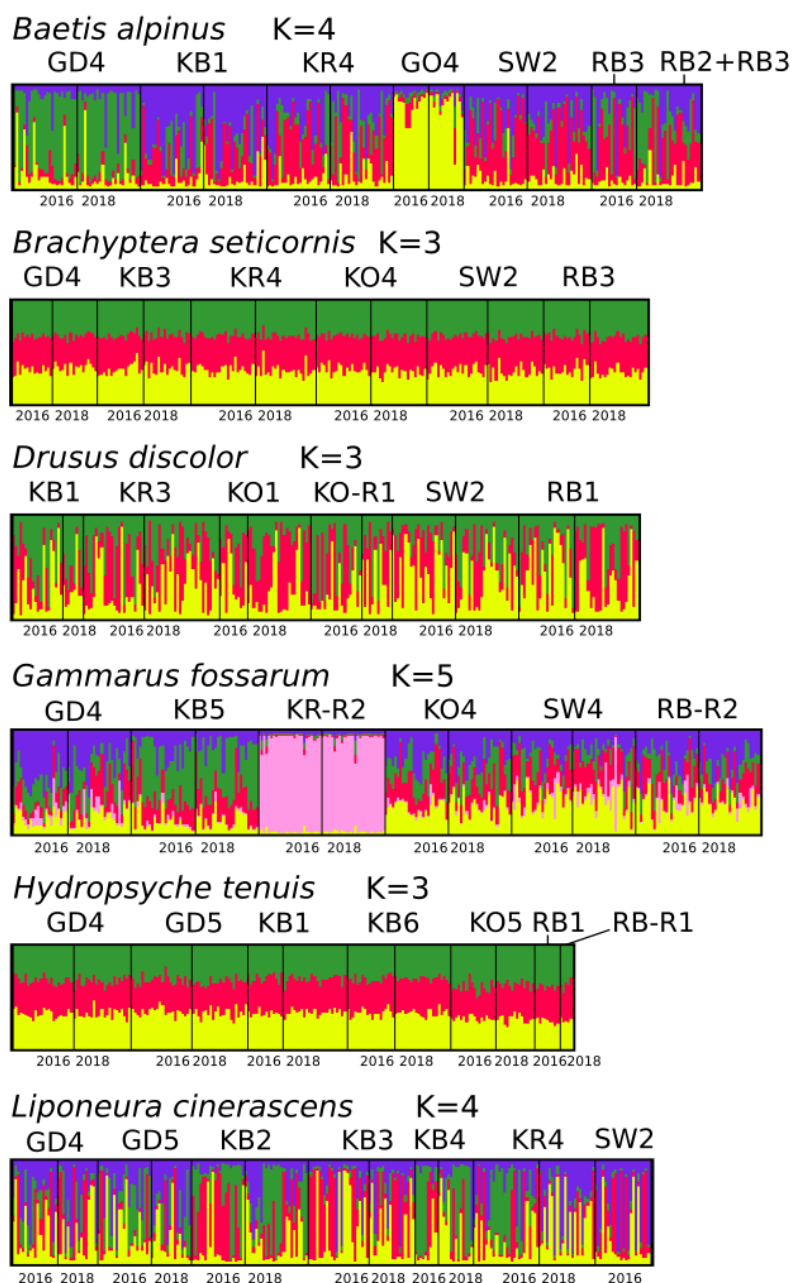
2) populační genetika

Počet testovaných a úspěšně určených sekvencí studovaných jedinců je v **Tabulce W4**. Celkově bylo testováno od 10 do 19 publikovaných mikrosatelitových lokusů na druh, mezi nimiž měl nejvyšší úspěšnost *B. alpinus* a nižší *D. discolor* a *G. fossarum*. Byli jsme schopni určit dostatečný počet lokusů pro druhy *B. seticornis*, *H. tenuis* a *L. cinerascens*. Celkově bylo testováno 249 publikovaných nebo potenciálně nových lokusů, z nichž 76 je ve výsledku plně použitelných. Úspěch sekvenace byl relativně variabilní a závislý na kvalitě DNA ve tkáních. Celkově jsme byli schopni úspěšně zpracovat 74.6% použitých jedinců, přičemž u *B. seticornis* a *L. cinerascens* byl největší počet jedinců s neúspěšně amplifikovanou DNA.

Tabulka W4: Přehled výsledků genetické analýzy šesti analyzovaných druhů.

Druh	Počet lokusů	Úspěšný počet	Počet jedinců	Úspěšný počet ¹	Počet populace
<i>Baetis alpinus</i>	10	10	311	271	6
<i>Brachyptera seticornis</i>	73	16	467	251	6
<i>Drusus discolor</i>	19	10	295	231	6
<i>Gammarus fossarum</i>	18	6	368	296	6
<i>Hydropsyche tenuis</i>	69	23	277	221	6
<i>Liponeura cinerascens</i>	60	11	323	252	7
Celkem	249	76	2041	1522	37

Všechny lokusy byly polymorfní. První výsledky z 6 nebo 7 populací jsou zobrazeny v **Obr. W8**. Populace druhů *B. seticornis*, *D. discolor*, *H. tenuis* a *L. cinerascens* vykazují pattern panmictic populací. U druhu *L. cinerascens* se zdá, že v populacích KR4 a KB2 byly změny v alelové struktuře mezi lety 2016 a 2018. U druhu *B. alpinus* se vytvořily dvě skupiny jedinců, jeden asociovaný s GD a druhý s GO. U *G. fossarum* se populace z KR lišila od ostatních populací. Celkově jsou všechny analýzy předběžné a přesná interpretace výsledků vyžaduje další hlubší analýzy. Nicméně výsledky naznačují, že genetická struktura má potenciál detekovat geografickou a časovou variabilitu v genetické struktuře populací.



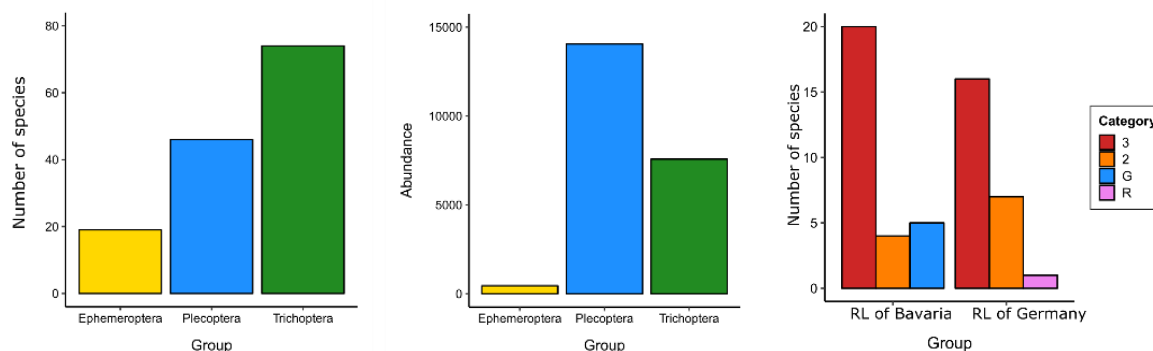
Obr. W8: Grafy STRUCTURE pro 6 druhů. Jejichž populace jsou seřazeny od severozápadu po jihovýchodu. Vzorky z let 2016 a 2018 jsou vždy vedle sebe. U každého druhu znamená barva různý klád identifikovaný algoritmem (K). Každý vertikální sloupec je jedinec.

B) Vodní biodiverzita v NP Bavorský les

Na základě různých zdrojů bylo v tekoucích vodách NP Bavorský les zjištěno 21 skupin vodních bezobratlých a 804 taxonů: Arachnida (3 taxa), Bivalvia (3 taxa), Coleoptera (181 taxa), Crustacea (5 taxa), Diptera (170 taxa), Ephemeroptera (68 taxa), Eurotatoria (1 taxon), Gastropoda (3 taxa), Heteroptera (19 taxa), Hirudinea (3 taxa), Hymenoptera (1 taxon), Lepidoptera (1 taxon), Megaloptera (3 taxa), Nematoida (2 taxa), Odonata (17 taxa), Oligochaeta (13 taxa), Pisces (3 taxa), Neuroptera/Planipennia (1 taxon), Plecoptera (90 taxa), Trichoptera (209 taxa) a Turbellaria (7 taxa). Kompletní seznam je v appendixu (Data Base CD).

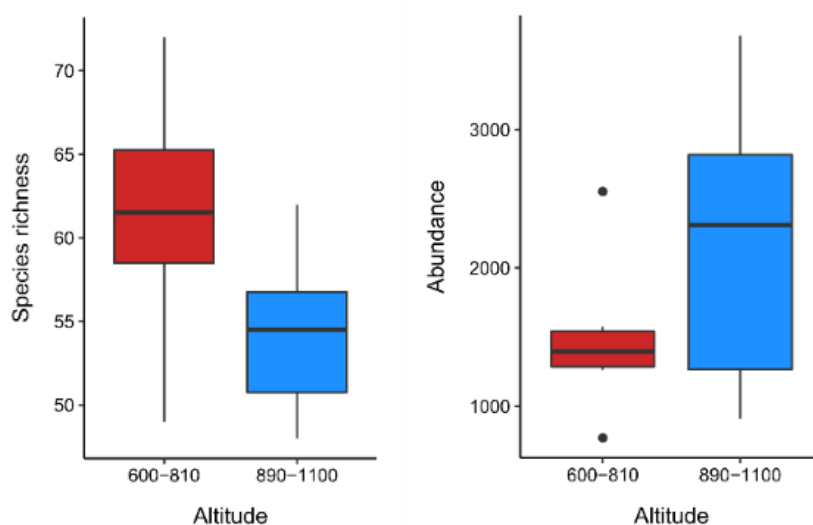
Malaiseho pasti:

Nejpřesnější druhové determinace jsou vždy na základě dospělců hmyzu, proto bylo instalováno 12 Malaiseho pastí na sedmi tocích. Ty nachytaly celkem 139 druhů Ephemeroptera, Plecoptera a Trichoptera (**Obr. W9**), což jsou nejdůležitější skupiny makrozoobentosu tekoucích vod. Celková abundance byla největší u Plecoptera, u nichž dosáhla 15 tisíc jedinců. Několik z nalezených druhů je zahrnuto v červených seznamech Německa či Bavorska (**Obr. W9**).

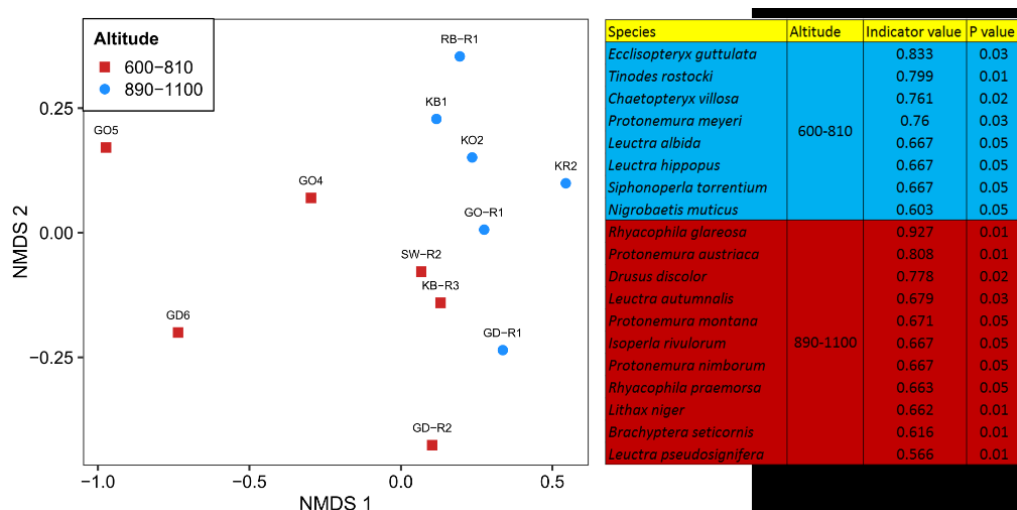


Obr. W9: Počet druhů (graf vlevo) a abundance (graf ve středu) skupin Ephemeroptera, Plecoptera a Trichoptera, a počet druhů z červených seznamů Německa a Bavorska (graf vpravo) zjištěné pomocí Malaiseho pastí. Kategorie 2, 3 a R německého červeného seznamu korespondují s EN, VU a vzácný druh; G znamená druh s neznámým statutem ohrožení, kde je ale nějaká citlivost očekávána.

Druhová bohatost Ephemeroptera, Plecoptera a Trichoptera byla nižší ve vyšších nadmořských výškách, i když tam byla větší abundance druhů (**Obr. W9**). Druhové složení vzorků z vyšších a nižších nadmořských výšek se rovněž lišilo, přičemž větší variabilita byla mezi vzorky z nižších poloh (**Obr. W10**). Několik druhů bylo signifikantními indikátory nižších a vyšších poloh (**Obr. W11**).



Obr. W10: Počet druhů (levý graf) a abundance (pravý graf) řádů Ephemeroptera, Plecoptera a Trichoptera v nižších (600–810) a vyšších (890–1100) nadmořských výškách.



Obr. W11: Graf NMDS plot (vlevo) zobrazující nepodobnost druhového složení Ephemeroptera, Plecoptera a Trichoptera (Bray-Curtis dissimilarity) mezi lokalitami s Malaiseho pastmi. Dvě kategorie nadmořských výšek, jsou označeny barvou, červeně vyšší a modře nižší nadmořské výšky. V pravo je seznam indikátorových druhů signifikantních na hladině $P \leq 0.05$ pro vyšší a nižší nadmořskou výšku v analýze Ind.Val..

Submerzní vegetace:

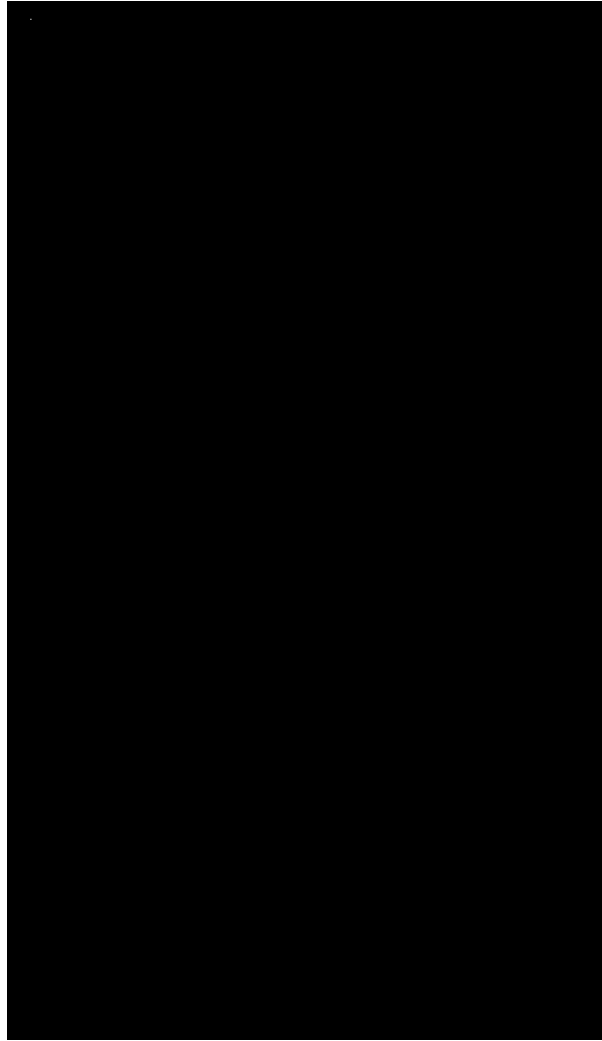
Submerzní vegetace byla mapována ve všech studovaných úsecích toků, výsledky jsou v appendixu. Data byly použity k vyhodnocení ekologického stavu podle submerzní vegetace na základě metody Phylib. Zpráva v němčině je přiložena na CD s databází.

Submerzní houby:

Na 15 z 51 monitorovaných úseků toků byly monitorovány submerzní houby, shrnutí počtu druhů na lokalitě je v **Tabulce W5** a fylogenetické vztahy mezi druhy jsou na **Obr. W12**.

Tab. W5: Počet druhů submerzních hub. Druhy byly izolovány z přírodních a exponovaných substrátů v tocích.

lokalita	Počet isolátů	Počet druhů
KO1	33	21
KO3	26	19
KO5	25	19
KB1	21	17
KB3	26	20
KB5	41	28
GD1	34	20
GD3	46	28
GD5	21	19
sum	273	137



Obr. W12: Dendrogram fylogenetických vztahů mezi druhy nalezenými v tocích NP Bavorský les.

Pobřežní brouci:

Pobřežní brouci byli monitorováni na 15 z 51 studovaných úseků toků. Zpráva je přiložena na CD s databází.

Ryby:

Ryby byly monitorovány pomocí elektrolovu a pozorování. Zpráva a data jsou přiložena na CD s databází.

Rešerše literatury:

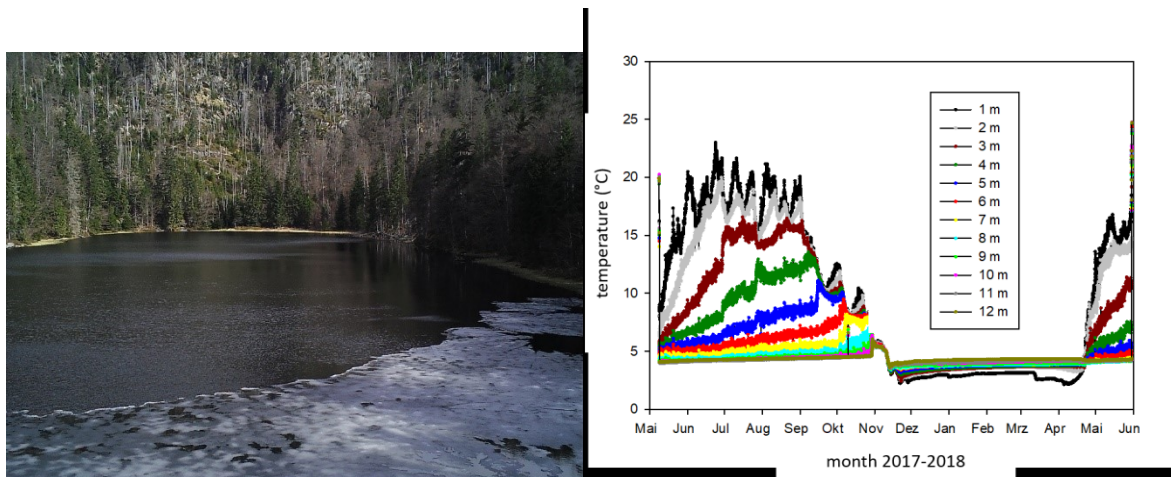
Kompilace biodiverzity vodních bezobratlých v NP Bavorský les zahrnuje různé zdroje: (i) data monitoringu popsaného výše z 51 studovaných úseků toků, (ii) následující odběr vzorků na podzim 2016 na 17 z 51 úsecích, (iii) data z 12 Malaiseho pastí, které byly exponovány od dubna do října 2017, a (iv) publikované literární zdroje (Tabulka W6).

Tabulka W6: Zdroje pro kompilaci biodiverzity vodních bezobratlých

Autor, rok	citace
Bojková et al., 2015	Macrozoobenthos of streams and lakes in the Bavarian Forest NP, Pilotstudie, Silva Gabreta – Development of transboundary monitoring (INTERREG Project Nr. 368), zpráva
F. Schöll, 1987	Limnofauna des Nationalparks Bayerischer Wald unter besonderer Berücksichtigung der Gewässerversauerung, disertační práce, Bonn: 1987
J. Köhler, 2015	Voruntersuchung zur Käferfauna (Coleoptera) nässegeprägter Lebensräume des Nationalparks Bayerischer Wald Stichproben-Erkundung von Moorstandorten im Mai 2015, zpráva
M. Hess & U. Heckes, 2014	Ökologisches Gutachten 25 Jahre Versauerungsmonitoring SAMOWA25 Auswertungen Makrozoobenthos
S. Koch, 2016	Die Eintagsfliegen des Nationalparks Bayerischer Wald (Insecta, Ephemeroptera)
T. Bing, 2011	Variation in diet of <i>Hydropsyche</i> sp. Larvae (Trichoptera) across an altitudinal gradient, Bakalářská práce, Philipps University of Marburg
T. Pitsch, 2017	Data received
Ungermanová et al., 2014	Littoral macroinvertebrates of acidified lakes in the Bohemian Forest
V. C. Schreiner, 2012	Variation in diet of <i>Isoperla</i> sp. (Plecoptera) and <i>Rhyacophila</i> sp. (Trichoptera) larvae across an elevational gradient, Masterarbeit, Philipps University of Marburg
W. Stockbauer, 2002	Untersuchungen der Makrozoobenthosbesiedelung eines renaturierten Abschnittes des Kolberbaches im Nationalpark Bayrischer Wald (2002), Diplomová práce
Wasserwirtschaftamt Deggendorf, 1983-2017	Monitoring data

Téma 4: Monitoring jezer a klimatu v NP BAVORSKÝ LES

Monitoring jezera Rachelsee byl zaměřen na získání různých klimatických data. Doba pokryvu ledem byla zjištěna pomocí kamer, které pozorovaly jižní a západní pobřeží jezera od listopadu do května (příklad **Obr. W13**, vlevo). Teplota vody byla měřena dataloggery (Tinytag) instalovanými na bóji, která plave nad nejhlubším místem jezera. Průběh teploty vody reprezentující teplotní stratifikaci v průběhu jednoho roku je ukázán na **Obr. W13** (vpravo).



Obr. W13: Monitoring jezera Rachelsee: monitoring pokryvu jezera ledem pomocí kamer na břehu (vlevo), monitoring teploty vody v metrových krocích až na dno jezera (vpravo).

Téma 5: Monitoring revitalizovaných toků v NP Šumava

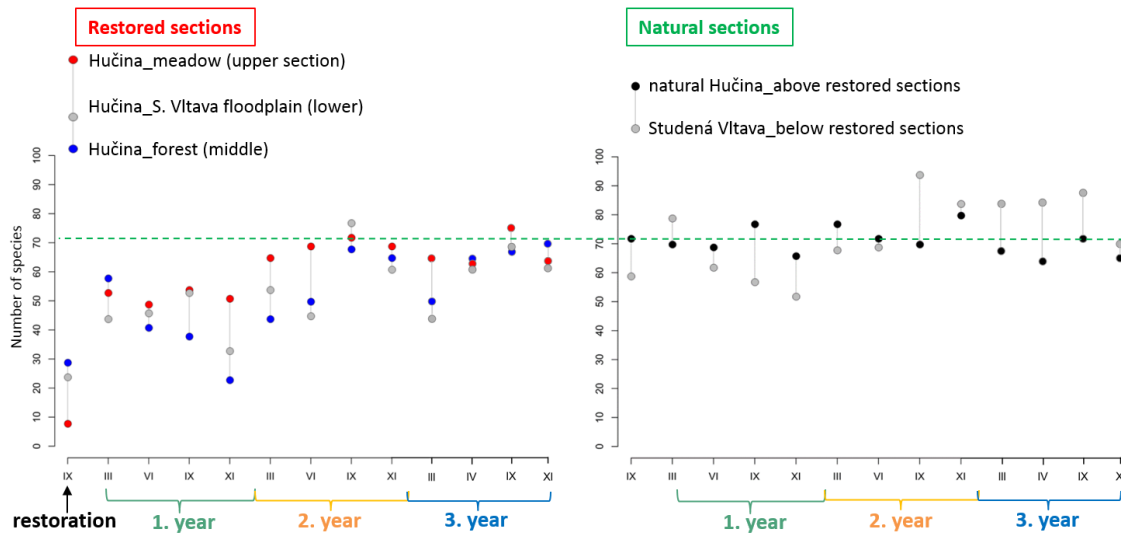
Metody

Tři revitalizované potoky, Jedlový a Žlebský potok (přítoky Teplé Vltavy u Dobré) a Hučina (přítok Studené Vltavy u Černého Kříže), byly studovány od doby jejich revitalizace. V každém úseku, který se lišil metodou své revitalizace, byly studovány tři mesohabitaty (peřej, proud a tůň). Tři různé revitalizované úseky byly studovány na Hučině a po dvou na Jedlovém a Žlebském potoce. K tomu pro porovnání byl studován vždy jeden úsek nad revitalizací a pod ní na recipientu revitalizovaných toků, Studené a Teplé Vltavě. Vzorky makrozoobentosu byly odebírány společně s měřením environmentálních proměnných (proměnné popisující substrát, průtok a chemii vody) čtyřikrát ročně. Dva potoky (Jedlový a Žlebský) byly studovány také jeden rok před provedením revitalizace, aby bylo možné vyhodnotit přímou změnu způsobenou revitalizací. Design studie a podrobnosti o metodice jsou publikovány v práci Bojkové et al. (2015).

Výsledky

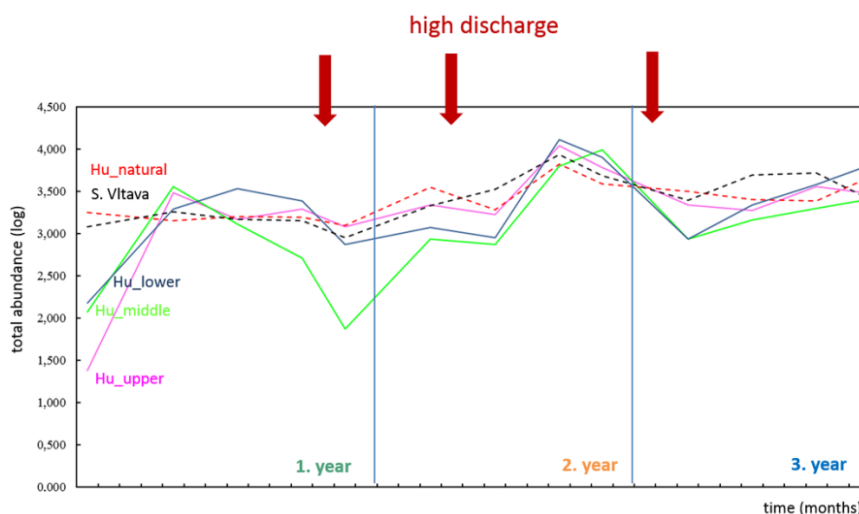
Monitoring potoků po jejich revitalizaci poskytuje cenná data pro vyhodnocení úspěchu revitalizace. Následující sumarizace hlavních výsledků je založena pouze na studii jednoho potoku, Hučiny, protože popsat detailně výsledky ze všech tří potoků by bylo velmi dlouhé. První výsledky byly publikovány Bojkovou et al. (2017) a prezentovány odborné veřejnosti na třech mezinárodních konferencích (Bojková et al., 2017, 2018a,b). Přeměna potoků od hlubokých, rovných a uniformních koryt k mělkým, meandrujícím a heterogenním potokům byla rychle následována přeměnou bezobratlých žijících na dně potoků (makrozoobentos). Velmi nízká druhová bohatost zjištěná dva týdny po revitalizaci byla velmi rychle vystřídána pozvolným růstem v následujících letech (viz **Obr. W14**). V následujících dvou letech však byla druhová diverzita spíše nestabilní, jak se nova koryta dynamicky vyvíjela působením vysokých průtoků po srážkách a sedimentací v průběhu nízkých průtoků v létě. I přesto však druhová bohatost v těchto letech vykazovala rostoucí trend. Ve třetím roce po revitalizaci druhová bohatost

dosáhla úrovně přírodních úseků, se kterými jsou revitalizované toky porovnávány, čili s přirozenou Hučínou nad revitalizací a Studenou Vltavou (**Obr. W14**).



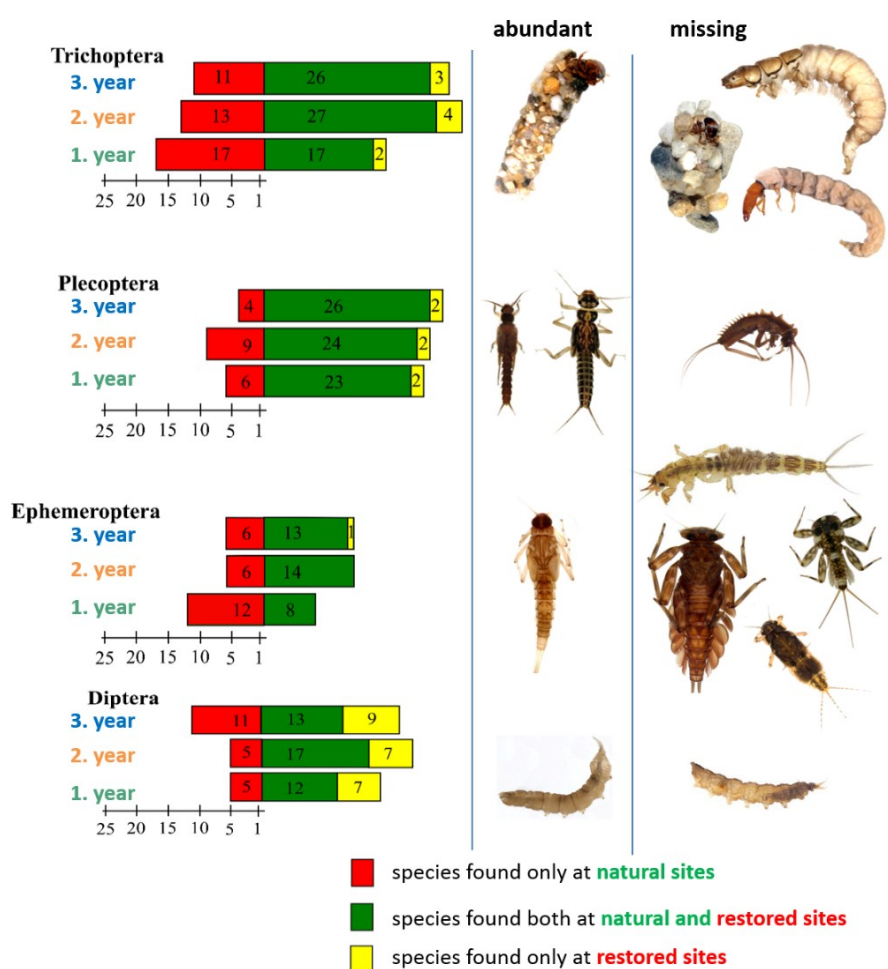
Obr. W14: Počet druhů zjištěný v revitalizovaných (vlevo) a přirozených (vpravo) úsecích potoků tři roky po revitalizaci Hučiny. Zelená přerušovaná čára značí průměrný počet druhů zjištěný v porovnávaných přirozených úsecích Hučiny a Studené Vltavy.

Celková abundance makrozoobentosu, který obýval revitalizované úseky potoka (plné čáry na **Obr. W15**), byla daleko nestabilnější v porovnání s přirozenými úseky (přerušované čáry na **Obr. W15**). Celková abundance strmě narostla krátce po revitalizaci a pak v průběhu dvou následujících let vykazovala velké amplitudy. Největší poklesy abundance následovaly období s vysokými průtoky po tání sněhu a silnými letními srážkami. To ukazuje, že sedimenty dna (domov vodních bezobratlých) byly snadno narušovány a transportovány (či odplaveny na sucho), což mělo negativní vliv na bezobratlé. To naznačuje, že podmínky prostředí jsou krátce po revitalizaci nestálé, což favorizuje druhy, které jsou schopny se poprat s nepředvídatelnými změnami a konzervativní druhy vyžadující stabilní podmínky jsou znevýhodněny. Ve třetím roce po revitalizaci už abundance bezobratlých tolik nekolísala. Nicméně je zapotřebí delší období studie k prokázání toho, že už jsou revitalizované potoky stabilní a méně náchylné k narušením vysokými průtoky.



Obr. W15: Celková abundance druhů v revitalizovaných (plné čáry) a přirozených (přerušované čáry) úsecích v průběhu tří let po revitalizaci Hučiny. Šipky ukazují období vysokých průtoků, které ovlivňují dno toku.

Kolonizace revitalizovaných úseků byla rychlá, většina druhů známých z přirozených úseků v blízkosti revitalizovaných toků se vyskytla v některém z revitalizovaných úseků už po prvním roce (zelené sloupce na **Obr. W16**). Nicméně stále je tu řada druhů, které v revitalizovaných úsecích chybí (červené sloupce na **Obr. W16**) a tyto druhy můžeme použít na základě znalosti jejich ekologických nároků jako indikátory ukazujících, které podmínky prostředí jsou pro organismy stále limitující. Druhy, které dominují v revitalizovaných úsecích, vesměs patří k eurytopním druhům snadno se šířícím driftem. Chybějící druhy (tzn. druhy početné ve srovnávaných přirozených úsecích) zahrnují především druhy, které preferují stabilní a hrubý substrát, jako například dorzoventrálně zploštělé larvy jepic čeledi Heptageniidae, chrostíci čeledi Hydropsychidae a Philopotamidae, kteří potřebují stabilní kameny pro stavbu jejich sítí, a čeledi Glossosomatidae žijící semisesilně na kamenech (**Obr. W16**).

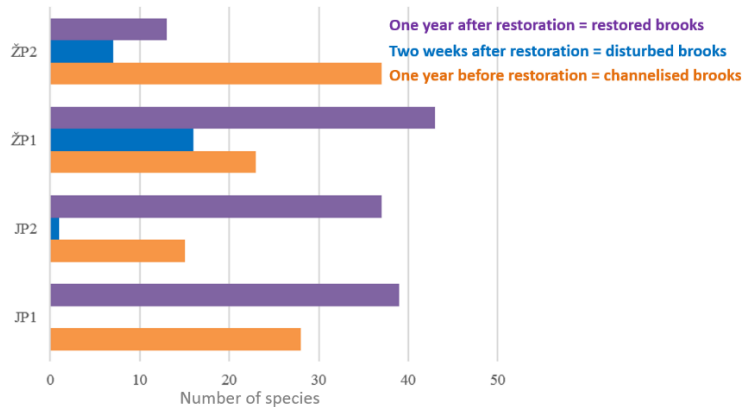


Obr. W16: Počet druhů nalezený jen v přirozených úsecích (červené sloupce) a revitalizovaných (žluté) úsecích nebo v obou (zelené) ve třech letech po revitalizaci. Typičtí zástupci dominantních druhů jsou vyobrazeni v levém sloupci s obrázky bezobratlých a bezobratlí stále chybějící v revitalizovaných úsecích jsou vpravo. Chybějící bezobratlí zahrnují (odshora dolů): chrostíky čeledi Glossosomatidae, Hydropsychidae a Philopotamidae, pošvatku čeledi Taeniopterygidae, jepice Ephemeridae, Heptageniidae a Caenidae a dvoukřídlou larvu čeledi Athericidae.

Tyto substráty stále chybí v revitalizovaných úsecích, kde převažuje jemný sediment. Další ekologické elementy, které stále chybí v revitalizovaných tocích, jsou spojeny s preferencí chybějícího habitatu hrubé peřeje a stabilních ploch s jemným sedimentem. Druhy preferující kamenité peřeje, např.

pošvatky čeledi Taeniopterygidae a hrabavé jepice čeledi Ephemeridae, v revitalizovaných úsecích stále chybí. Jediná skupina bezobratlých, a to dvoukřídílí Diptera, mají mnoho zástupců, kteří žijí v revitalizovaných korytech a ne v přirozených. Jsou to druhy, které kolonizovaly revitalizované toky z přilehlých mokřadů. Tyto příklady ilustrují, jak mohou naše druhová data přispět k porozumění mechanismů kolonizace nově vzniklých tekoucích vod a pomoci interpretovat environmentální změny, které se stanou po revitalizaci. Chybějící ekologické skupiny bezobratlých ukazují, které typy habitatů ještě nejsou vyvinuté a jsou tak relevantními indikátory pro posouzení ekologického stavu nově postavených toků. Tyto výsledky mohou být zobecněny a použity pro vyhodnocení úspěšnosti revitalizačních projektů.

Potřebné informace k vyhodnocení revitalizačních opatření je možné získat také z porovnání toků před, krátce po a jeden rok po revitalizaci (**Obr. W17**). Výsledky ukazují silnou eliminaci druhů revitalizačním opatřením zahrnujícím bagrování nebo výstavbu zcela nového koryta (viz Jedlový p. 1, Jedlový p. 2 a Žlebský p. 1). Naopak úseky, kde bylo koryto revitalizováno jen částečně (Žlebský p. 1), utrpěli bezobratlí méně. Nicméně ani jeden rok po revitalizaci počet druhů nedosahuje úrovně před revitalizací (pouze jeden úsek je výjimka). To jasně demonstruje, že revitalizace samotná je vážným narušením pro obyvatele potoka a zotavení od závažné technické intervence vyžaduje delší čas. Toto pozvolné zotavování podtrhuje důležitost skutečně dlouhodobého monitoringu toků po revitalizaci, jinak není možné správně vyhodnotit úspěšnost revitalizace. Krátkodobé nebo jednorázové studie nemohou říci nic o stabilitě systému, pomalém vývoji nově vystavěných koryt a zpožděné pozvolné kolonizaci dnovými bezobratlými.



Obr. W17: Počet druhů nalezený před revitalizací v regulovaných potocích (oranžové sloupce), krátce, dva týdny, po revitalizaci, kdy byl tok nově postaven nebo vybagrován (modrá) a jeden rok po revitalizaci (fialová). Výsledky jsou zobrazeny pro následující úseky: Žlebský potok 1, Žlebský potok 2, Jedlový potok 1 a Jedlový potok 2.

Téma 6: Hydrochemický monitoring dvou ledovcových jezer v NP a CHKO Šumava

Metodika

V povodí ledovcových jezer Čertovo Jezero a Plešné jezero, která jsou ovlivněná atmosférickou depozicí, byly měřeny toky hlavních iontů a živin. Ze srážek a odtoků byla vypočítána vodní bilance povodí.

Výsledky

Průměrná hodnota (\pm směrodatná odchylka) odtoku vody ze systému povodí-jezero byla 1216 ± 247 mm.rok⁻¹ (tj. 39 ± 8 l.km⁻².s⁻¹) a průměrná doba zdržení vody v jezeře byla 649 ± 139 dní. Povodí Čertova jezera bylo významným zdrojem vodíkových (H⁺) iontů (44 ± 13 mmol.m⁻².rok⁻¹, vztaženo na m² povodí) navzdory významnému snížení depozice sloučenin síry (S) a dusíku (N) od konce 80. let 20. století. Saturace půd povodí dusíkem způsobila nízké zadržování N (v průměru 23 %). Spotřeba NH₄⁺ z atmosférické depozice a produkce NO₃⁻ v povodí nitrifikací NH₄⁺ (50 and 25 mmol.m⁻².rok⁻¹) byly hlavním terestrickým zdrojem H⁺ iontů. Produkce SO₄²⁻ z redukovaných forem S v půdách byla druhým nejvýznamnějším zdrojem H⁺ iontů v povodí. Během studie však vykazovala značný pokles od 49 do 31 mmol.m⁻².rok⁻¹ H⁺ mezi obdobími 1998–2002 a 2013–2017. Tento pokles byl provázen snížením vyplavování iontových forem hliníku (Alⁱ) z půd od 47 to 26 meq.m⁻².rok⁻¹ (jeden eq = jeden mol náboje). Pokles koncentrací SO₄²⁻ byl provázen a částečně kompenzován rostoucím vyplavováním aniontů organických kyselin (A⁻) z půd, což způsobilo stabilizaci nízkých hodnot pH (4.1–4.5) v přítocích do jezera po celé sledované období. Ve srovnání s chemismem srážkové vody, byly přítoky bohatší o všechny ionty a živiny (s výjimkou NH₄⁺).

Jezerní biogeochemické procesy částečně zneutralizovaly přitékající H⁺ ionty a snížily jejich průtok Čertovo jezerem o 40 %. Průměrný úbytek H⁺ iontů činil 223 mmol.m⁻².rok⁻¹ (vztaženo na m² plochy jezera). Nejdůležitější procesy zodpovědné za neutralizaci H⁺ iontů byly redukce NO₃⁻ (184 mmol.m⁻².rok⁻¹) a SO₄²⁻ (38 mmol.m⁻².rok⁻¹) v anoxických sedimentech a asimilací N a fotochemická a mikrobiální oxidace A⁻ (140 mmol.m⁻².rok⁻¹). Naproti tomu hydrolýza Alⁱ iontů byla hlavním zdrojem H⁺ iontů v Čertovo jezeře (79 mmol.m⁻².rok⁻¹). Jezero zadržovalo všechny živiny (N, rozpuštěný organický uhlík, fosfor, a rozpuštěný křemík) a snížilo jejich celkové toky (přítoky z povodí i z atmosféry na hladinu) o 13–38 %.

Lokalita Plešného jezera se zotavuje z kyselé depozice podobně jako Čertovo jezero od konce 80. let 20. století. Navíc kůrovcový žír v období 2004–2008 zahubil přibližně 90% všech dospělých smrků v povodí. Veškerá biomasa byla ponechána na místě. Průměrná hodnota odtoku vody ze systému povodí-jezero byla 1087 ± 232 mm.rok⁻¹ (tj. 34 ± 7 l.km⁻².s⁻¹) a průměrná doba zdržení vody v jezeře byla 338 ± 70 dní. Během celé studie bylo povodí Plešného jezera významným zdrojem H⁺ iontů s průměrem 35 ± 18 mmol.m⁻².rok⁻¹, vztaženo na m² povodí. Nejvýznamnějšími terestrickými zdroji H⁺ iontů byla produkce NO₃⁻ (76 mmol.m⁻².rok⁻¹H⁺) a SO₄²⁻ (37 mmol.m⁻².rok⁻¹H⁺) a spotřeba NH₄⁺ iontů v půdách (41 mmol.m⁻².rok⁻¹H⁺). Naproti tomu vyplavování Alⁱ a bazických kationtů (BC = suma koncentrací vápníku, hořčíku, draslíku a sodíku) z půd byly nejvýznamnější terestrické procesy neutralizující H⁺ ionty, jejichž tok tak snížily o 53 (Alⁱ) a 78 (BC) mmol.m⁻².rok⁻¹. Maximální terestrická produkce H⁺ iontů (58 mmol.m⁻².rok⁻¹) nastala po odumření stromového patra v období 2006–2010.

Jezerní biogeochemické procesy významně zneutralizovaly přitékající H⁺ ionty a snížily jejich průtok Plešným jezerem v průměru o 65 % (tj. odstranily 267 mmol.m⁻².rok⁻¹H⁺, vztaženo na m² plochy jezera). Maximálních hodnot tato jezerní neutralizace H⁺ iontů (359 mmol.m⁻².rok⁻¹) dosáhla v období 2006–

2010. Nejdůležitější procesy zodpovědné za neutralizaci H^+ iontů byly redukce NO_3^- ($395 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{rok}^{-1}$) a SO_4^{2-} ($25 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{rok}^{-1}$) v anoxických sedimentech a asimilací N a fotochemická a mikrobiální oxidace A^- ($151 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{rok}^{-1}$). Naproti tomu hydrolyza Ali iontů byla hlavním zdrojem H^+ iontů v Plešném jezeře ($243 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{rok}^{-1}$). Koncentrace H^+ iontů začaly v jezeře klesat od roku 2009, protože vyplavování NO_3^- a A^- z půd povodí zůstalo vysoké a jejich spotřeba v jezeře tak vedla k pokračující neutralizaci H^+ , zatímco H^+ produkce spojená s hydrolyzou Ali v jezeře poklesla vlivem jeho sníženého vyplavování z půd. Změny ve složení přítoků po kůrovcovém žíru a odumření stromového patra tak způsobily překvapivě prudký nárůst pH jezerní vody na hodnoty >5 a obnovení jejího uhlíčitanového pufrčního systému, který byl v Plešném jezeře vyčerpán kyselými dešti prakticky od poloviny 20. století.

Modelování klimatu a hydrologie

Následující monitorovací aktivity **A.A1.9 a 10** jsou uvedeny v naší projektové aplikaci jako modelování.

Bavorsko

Klimatický model

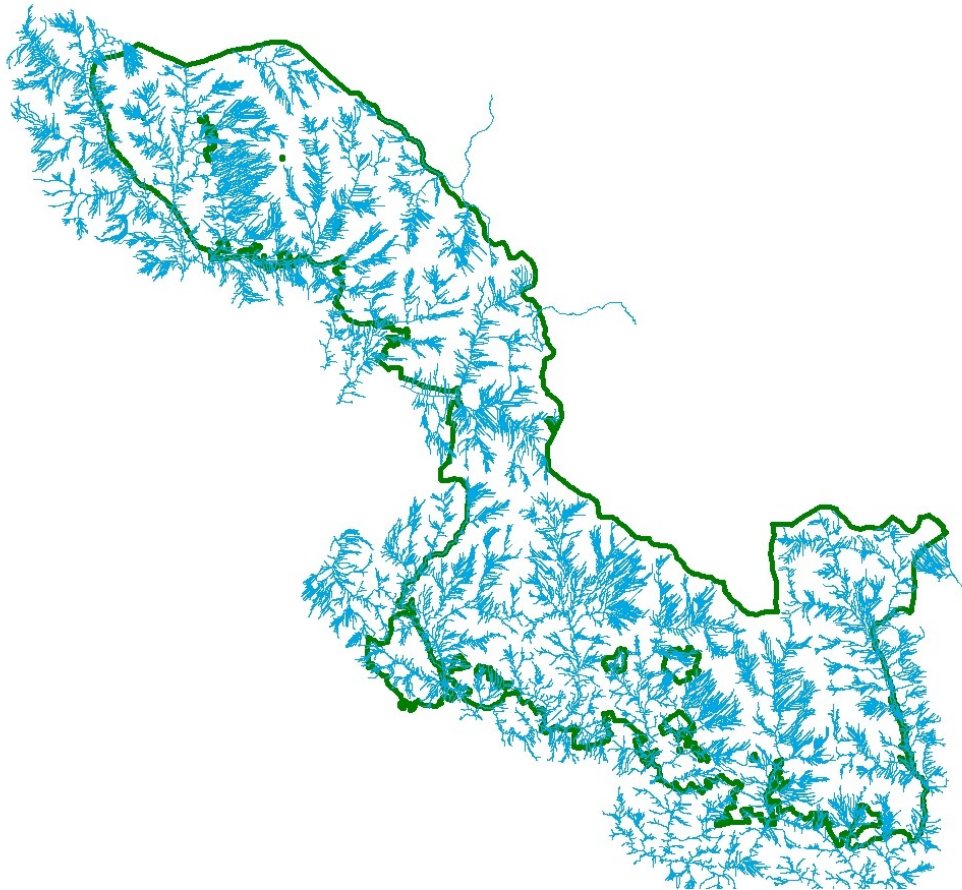
Pro modelování průměrných hodnot teploty vzduchu, srážek a celkové osvitů byla použita data z klimatických stanic v oblasti národního parku a několik klimatických stanic v okolí NP. Jako příklady jsou zde uvedeny trendy pro teploty vzduchu a srážky (**Obr. O1**). Další informace jsou uvedeny ve zprávě na Data Base CD a vědecký článek byl publikován ve speciálním čísle časopisu Silva Gabreta (Klöcking 2018).



Fig. O1: Modelované hodnoty teplot a srážek. Modelem byly vytvořeny průměrné roční hodnoty pro všechny monitorační plochy v NP Bavorský les. Teploty se od roku 2006 do roku 2016 zvýšily o 0,49 ° C. U srážek byl zaznamenán pokles, ale není statisticky významný.

Model vodní sítě

Model vodní sítě byl vytvořen s využitím digitálního modelu terénu, který byl validován terénním měřením. **Obr. O2** ukazuje vodní síť celého NP Bavorský les. Datový soubor je součástí Data Base CD.



Obr. O2: Model vodní sítě NP Bavorský les.

Simulace vodní bilance a klimatické scénáře

Kompletní informace je obsažena na Data Base CD. Název zprávy je „Dynamické modelování vodní bilance ve vybraných povodích BF NP pro aktuální (1981–2015) a budoucnost (1981–2015)“; německy “Dynamische Modellierungen des Wasserhaushalts in ausgewählten Einzugsgebieten des Nationalparks Bayerischer Wald für den Istzustand (1981–2015) und die nahe Zukunft (2021–2050)“.

Česká strana

Klimatický model

Rozložení biodiverzity v prostoru je do značné míry ovlivňováno stavem podmínek fyzickogeografického prostředí. Mezi podstatné faktory, které determinují druhovou rozmanitost v krajinném měřítku, patří klimatické poměry a charakteristiky reliéfu, příp. substrátové poměry. Odrazem souhrnného působení těchto podmínek jsou pak vegetační poměry a celkový stav habitatu. Působením přírodních disturbancí i rozdílným vlivem lidské činnosti se habitat dynamicky mění, proto zachycení konkrétního stadia a znalost dosavadního vývoje napomáhá hlubšímu poznání rozložení biodiverzity. Klimatický model, uložený na Data Base CD, vycházel z detailních lokálních měření i dlouhodobých dat oficiálních meteorologických stanic a vytvořil sadu základních klimatických parametrů pro všechny plochy, na kterých byla sbírána data o biodiverzitě.

Modelování budoucího hydrologického vývoje v šumavském povodí: Roklanský/Modravský potok.

Hydrologické podmínky na tocích v NP Šumava jsou tématem mnohých diskusí. Rychlý nárůst vody v řekách po místních bouřích nebo tání sněhu nebo rychlá změna období s nízkými a vysokými průtoky je často spojován s gradací kůrovce v povodí. Odpůrci neintervenčního managementu často využívali toky Horní Otavy jako nejtypičtější příklad velmi špatného vodního režimu způsobeného hospodařením v NP. Tvrdí, že situace bude horší změnou klimatu a že neintervenční režim v lesích povodí Horní Otavy je mimořádně nevhodný. V rámci provedené studie byly studovány dopady předpokládané globální změny klimatu na vodní bilanci v povodí Roklanského/Modravského potoka, hlavní části povodí Horní Otavy v NP Šumava.

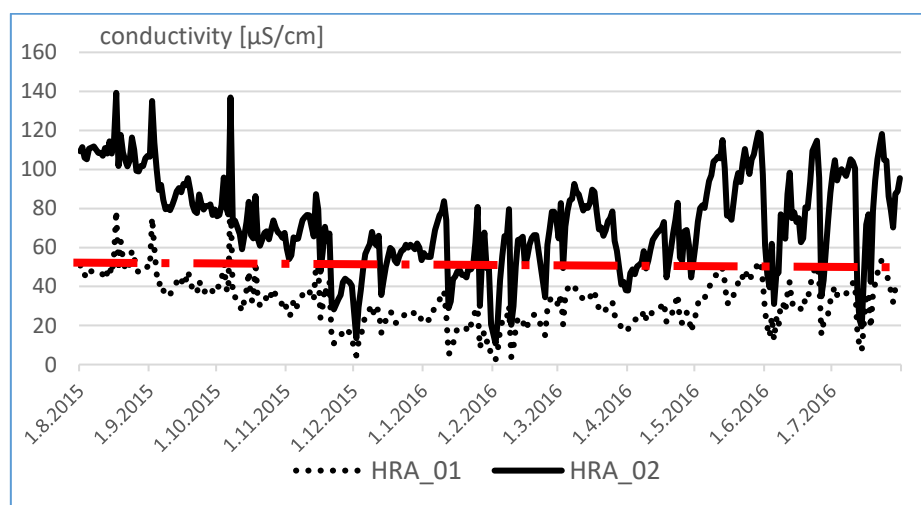
Pro lepší pochopení vlivu klimatických změn a obhospodařování lesů na hydrologické poměry bylo celkem zkoumáno devět scénářů vodní bilance pro období 2021–2050 a 2071–2100. Byla použita data z následujících modelů: CNRM-CM5_ALADIN53, EC-EARTH_RACMO22E, EC-EARTH_RCA4 a MPI-ESM-LR_CCLM4-8-17 se 3 emisními scénáři (reprezentativní koncentrační cesty RCP2.6, 4,5, 8,5). Upravené regionální denní klimatické modely byly použity v kombinaci s hydrologickým modelem Brook90. Scénáře předpokládaly zvýšení průměrné roční teploty o 1,1 °C (RCP4,5) a 1,4 °C (RCP8,5, 2021–2050) a 2,3 °C (RCP4,5) a 4,2 °C (RCP8,5, 2071–2100) a zvýšení průměrného ročního úhrnu srážek o 11 % (RCP 4,5) a 15 % (RCP 8,5, 2021–2050) a 15 % (RCP 4,5) a 20 % (RCP8,5, 2071–2100). Výsledkem by byl průměrný roční nárůst odtoku o 9 % (RCP4,5) a 14 % (RCP8,5, 2021–2050) a 12 % (RCP4,5) a 16 % (RCP8,5, 2071–2100). Předpokládané možné změny však nejsou ovlivněné managementem lesních porostů v povodí. Modely naznačují, že se roční cyklus odtoku výrazně změní zejména v období 2071–2100, kdy se očekává velký nárůst zimního odtoku a maximální pokles jarního odtoku. Scénáře „pesimismu“ RCP8.5 očekávají, že nejvyšší odtoky nebudou na jaře, ale již v prosinci.

Vliv solení komunikací

Následující monitorovací aktivity jsou uvedeny v naší projektové aplikaci s **A.A1.7 a 8** jako monitoring vlivu solení komunikací.

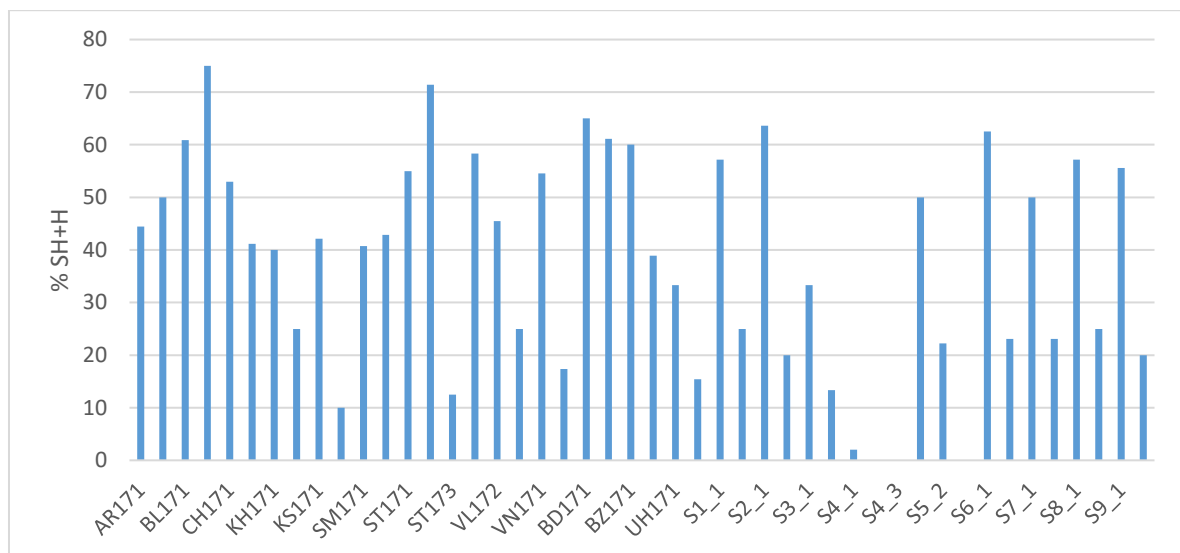
Pilotní studie provedené v obou NP v roce 2015 potvrdily rostoucí koncentraci chloridů a vysoký podíl halofytních druhů, podél komunikací, které jsou v zimě udržovány solí. Byly získány jasné důkazy o ovlivnění terestrických ekosystémů, ale o vodních ekosystémech bylo známo jen málo. V létě 2015 bylo instalováno dvacet nových datalogerů v tocích křížícími se solenými silnicemi v NP Šumava. Datalogery kontinuálně zaznamenávaly teplotu vody a vodivost. V rámci tohoto projektu byla provedena analýza dat a porovnána situace v NP Šumava a NP Bavorský les, kde byly datalogery instalovány do toku podél Nationalparkstrasse. V této oblasti byly již dříve zaznamenány vysoké koncentrace Cl^- v půdě. Byly porovnány výsledky datalogerů, fytoindikační monitoring a analýzy půdních vzorků z NP Šumava a NP Bavorský les.

V obou chráněných oblastech byly studovány účinky posypových solí na ekosystémy chráněných území. V povodí Horní Vltavy, která je biotopem přísně chráněné perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera*) byla v roce 2015 zahájena pilotní studie zaměřená na vodní ekosystémy. Bylo instalováno 12 datalogerů (typ LTC Levelogger Edge), které byly rozmístěny párově na šesti lokalitách. První dataloger byl instalován vždy minimálně 50 metrů nad mostem, kde solená silnice kříží potok. Druhý dataloger z dvojice byl instalován 50 metrů po proudu od mostu. Datalogery byly využity ke zkoumání vodivosti, často využívané jako důležitý ukazatel kvality vody. Nové údaje z monitoringu potvrdily předpoklad, že se Na^+ a Cl^- ionty zvyšují v tocích křížících se solenými vozovkami (Zýval et al. 2018). Statisticky významné rozdíly v měřených hodnotách nad mostem a po proudu od mostu byly zjištěny ve většině studijních míst (ANOVA, $p < 0,001$). Vodivost zaznamenaná po proudu od mostu byla vždy vyšší a během vegetačního období, od poloviny dubna do poloviny října, byla často vyšší než 75 $\mu\text{S/cm}$ (viz **Obr. 03**). Jedná se o limit kvality vody pro biotopy přísně chráněné perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera*). Vysoká vodivost může negativně ovlivnit životaschopnost populace a negativně mohou být ovlivněny i další složky vodního ekosystému. Na základě těchto zjištění bylo doporučeno přehodnotit způsoby údržby silnic v této oblasti. Statisticky významně vyšší vodivost za mostem byla také zaznamenaná v Grosse Ohe v NP Bavorský les. Vyšší vodivost byla zjištěna ve vzdálenosti 50 a 100 m za mostem.



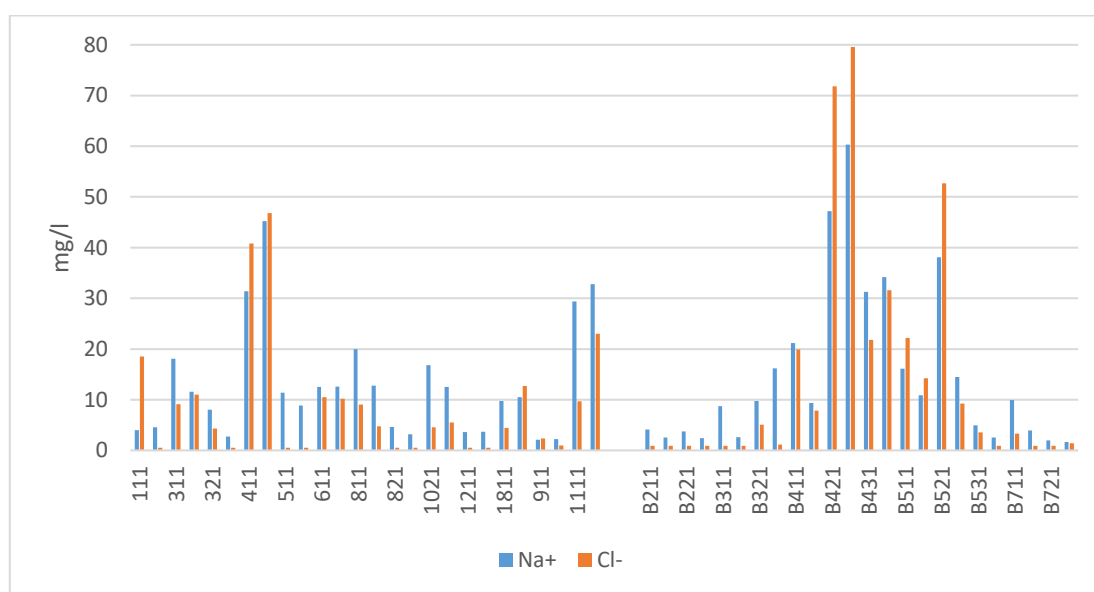
Obr. 03: Denní průměry vodivosti na lokalitě HRA_01 (Hraniční Potok nad postem) and HRA_02 (Hraniční Potok pod mostem) byly statisticky významně odlišné. Červená linie ukazuje limit kvality vody pro perlorodku.

Na řadě sledovaných lokalit bylo při fytoindicačním průzkumu zjištěno více jak 50 % halofytních a subhalofytních rostlin (**Obr. 04**). Nejvyšší podíly těchto rostlin byly zaznamenány na lokalitě Blanice a Strážný v NP Šumava. Obě tyto lokality jsou v povodí Horní Vltavy, která je biotopem perlorodky říční.



Obr. 04: Podíl halofytních a subhalofytních druhů rostlin zaznamenaných v NP Šumava (locality ARx...UHx) and NP Bavorský les (locality Sxx).

Nejvyšší koncentrace Na^+ a Cl^- iontů byly zjištěny v půdních vzorcích sebraných v blízkosti Grosse Ohe v NP Bavorský les. Koncentrace ve vzorcích sebraných 10 m od kraje silnice byly přes 50 mg/l Na^+ a více než 70 mg/l Cl^- iontů (**Obr. 05**), při čemž koncentrace ve vzorcích z kontrolních lokalit, kde se nesolí, byly méně než 5 mg/l Na^+ a 1 mg/l Cl^- iontů. Porovnání nové získaných údajů s předchozím měřením ukázalo rostoucí koncentrace Na^+ and Cl^- iontů v půdních vzorcích z NP Šumava (Bílek 2018) i NP Bavorský les (Křenová et al. 2018).



Obr. 05: Koncentrace Na^+ and Cl^- v půdních vzorcích sebraných na lokalitách v NP Šumava a NP Bavorský les (vzorky Bxxx).

Zhodnocení proveditelnosti a potenciálu monitoringu jako dlouhodobého programu

Během tříletého projektu jsme získali cenné zkušenosti při realizaci monitoringu a optimalizovali jsme přeshraniční spolupráci ve výzkumu. Celkově naše úspěšná spolupráce potvrdila význam společného monitoringu, vytvořila sdílenou platformu pro výměnu dat a společné komplexní analýzy. Byly shromážděny cenné a srovnatelné údaje z území obou NP, které jsou připravené pro další využití. Získané zkušenosti jsou velmi cenným podkladem pro optimalizaci budoucího programu přeshraničního monitoringu.

Projektem vytvořený systém monitoringu pokrývá různé typy přírodních stanovišť a rozsáhlou environmentální variabilitu v obou národních parcích. Vzhledem k tomu, že lesy pokrývají největší plochy obou národních parků, byl monitoring biodiverzity různých typů lesů v centru naší pozornosti. Rozmístění monitorovacích ploch sledovalo významný gradient nadmořské výšky spojený s gradientem klimatických podmínek a gradientem struktury lesa. Do projektu byly také zahrnuty další nepostradatelné složky šumavské přírody: sladkovodní ekosystémy, horské toky, ledovcová jezera a rašeliniště. Multi-taxa přístup aplikovaný ve všech monitorovacích aktivitách poskytl důležité znalosti o složení společenstev a umožnil nám vyhodnotit všechny dostupné trofické úrovně a funkční struktury. Kromě podrobné studie biotické složky studovaných ekosystémů byl projekt zaměřen na podrobný popis podmínek prostředí, který jsou zásadní pro dokumentaci ekologických změn vyvolaných přírodními disturbancemi nebo změnou klimatu. Environmentální a druhová data shromážděná podél výškového gradientu tak tvoří základ pro budoucí modelování scénářů klimatických změn a předvídání účinků klimatických změn na distribuci druhů a strukturu společenstev. V neposlední řadě budou výsledky získané všemi aktivitami tohoto projektu využity pro management a plánované revitalizace na území obou NP. Dále mohou být také velmi přínosnými pro další chráněná území s podobnými typy stanovišť a ochrannými cíli.

Oba národní parky mají nejen krásnou, hodnotnou krajinu s mnoha ekosystémovými službami, ale také představují důležité místo učení pro vědu a ochranu přírody. Umožnění přirozeného přírodního vývoje v místech bez aktivního zasahování člověka nabízí unikátní zkušenosti, ze kterých se mnohé naučí vědci i laická veřejnost. Tato krajina funguje jako refugium pro specialisty vázané na staré a pralesní porosty a hostí zdrojové populace, které mohou kolonizovat další stanoviště, jako jsou menší chráněná území a ekologicky cenné nášlapné kameny biodiverzity (biodiversity stepping stones) v kulturní krajině.

Cíle dalšího společného přeshraničního monitoringu:

Pro další společný přeshraniční monitoring jsme stanovili několik výzkumných cílů. Monitorování by mělo být opakováno ve vhodném intervalu, aby bylo možné zdokumentovat ekologické změny v čase. Pravidelný monitorovací průzkum slouží k identifikaci stavu a vývoje druhů i stanovišť. Získaná data jsou využívána pro komplexní a navazující analýzy, které přispívají k pochopení ekologických procesů a mechanismů. Dále jsou data využívána ke sledování vývoje přírody v územích ponechaných samovolnému vývoji i hodnocení naplňování cílů ochrany přírody v těchto územích. Data z těchto území slouží také jako reference pro hodnocení efektivnosti zvoleného managementu v oblastech s aktivním managementem. V rámci společného výzkumu získáváme také nové znalosti, které mohou být dále využívány pro nejrůznější ochranné aktivity. Hlavní témata společného výzkumu:

- 1) Monitorování ekologických změn v čase (změna klimatu)
- 2) Identifikace stavu předmětů ochrany (stanovišť a druhů)
- 3) Pochopení ekologických procesů (např. sukcese, přírodní disturbance, zmlazení, dekompozice ponechané dřevní hmoty, tvorba podzemních vod)
- 4) Monitoring důsledků ochrannářského konceptu, který podporuje ochranu „samovolných procesů“, tj. vývoj ekosystémů bez přímých lidských intervencí
- 5) Monitoring managementových opatření využívaných k naplňování cílů ochrany přírody
- 6) Odvození opatření / doporučení pro ostatní chráněná území a hospodářské lesy

Doporučení pro dlouhodobý přeshraniční monitoring

Lesní ekosystémy

Lesy pokrývající 80–95 % přeshraniční oblasti a jsou nejrozšířenějšími stanovišti v obou NP. Monitoring biodiverzity by se mělo zaměřit na lesy v celé oblasti. Na každé straně hranice je zapotřebí alespoň 150 studijních ploch pro pokrytí rozmanitosti typů lesů v různých výškách a strukturou lesa. I proto by monitorační plochy vybrané pro tento projekt měly být zachovány a využity k tomu, aby budoucí monitorovací program pokrýval celou variabilitu rozsáhlého území a kompletně dokumentoval ekologické změny v čase. K pokrytí širokého výškového a sukcesního gradientu na bavorské straně je potřeba cca 150 monitoračních ploch. V NP Šumava je výškový gradient kratší, ale výměra NP je větší a diversita biotopů je širší. Lesy v NP Šumava jsou jednotnější a mohly by být optimálně pokryty 120 monitoračními plochami; 30 dalších ploch bylo rozmístěno na nelesních lokalitách, které jsou pro českou stranu Šumavy také významné.

Pro sběr různých skupin bezobratlých je nutné použít různé typy pastí, jako jsou například Malaiseho pasti, nárazové pasti, padací pasti a světelné pasti. Na stejných pozemcích jsme mohli identifikovat různé druhy zachycené v různých pastech. Nejdůležitějším typem pastí jsou Malaiseho pasti, které zachycují mnoho různých skupin druhů. Tyto pasti však zachycují velké množství materiálu, který je následně potřeba třídit a determinovat. Z tohoto důvodu doporučujeme instalovat Malaiseho pasti pouze na dobře vybranou třetinu studijních ploch. Tyto monitorační plochy musí vhodně pokrývat celý soubor lokalit, tj. zohlednit výškové a sukcesní gradienty. Dále doporučujeme používat světelné pasti na stejné podmnožině ploch, protože práce s nimi je časově náročná a výsledky jsou velmi závislé na počasí. K biotické složce je navíc nezbytné zaznamenat několik parametrů prostředí. Některé proměnné jako je teplota, srážky a globální záření by měly být modelovány s využitím regionálních klimatických dat, ale jiné, např. struktura lesů a parametry půdy, musí být zkoumány v terénu.

Pro pokračování monitoringu doporučujeme udržovat zvolený počet ploch. Také by měly být zachovány všechny vybrané taxony a parametry prostředí jako v zavedeném designu. Pouze téměř kompletní přehled ekologického společenství a jeho prostředí umožňuje detailní pochopení ekologických procesů. Záznam četných taxonů je mimořádně cenný, avšak je časově i finančně náročný. Průzkum doporučujeme opakovat každých 10 let. Tento interval by měl být zvládnutelný pro oba NP a také ekologicky únosný. Samotný průzkum by však měl být rozdělen do tří let, aby se lépe pokryla variabilita ročních změn povětrnostních podmínek a mezi sezónní výkyvy v početnostech populací. Monitoring by měl respektovat časný počátek jara a rychlý start horkého léta, které jsou v naší oblasti velmi časté v posledních dvou desetiletích. Zde je velmi důležité pracovat se stratifikovanou

podmnožinou monitorovacích ploch, která musí zahrnovat všechny plochy podél výškového a sukcesního gradientu.

První analýzy dat potvrzují význam a důležitost zavedeného monitoringu biodiverzity. Získané poznatky umožňují odvodit opatření pro další management chráněných území i kulturní krajiny. Dále by pokročilé analýzy mohly poskytnout relevantní výsledky pro ochranu a předpovědi ekologických změn. Například by měly být provedeny další analýzy s cílem porovnat rozdíl mezi bezzásahovými zónami a zónami s aktivním managementem. Cílem by mělo být identifikovat hrozby pro druhy v oblasti s aktivním managementem, a získané informace využít k optimalizaci managementu národního parku v oblastech aktivní péče. Dále je možné, že dojde ke zjištění o ubývání či ztrátě některých stanovišť v bezzásahové zóně. Získané poznatky je pak možné použít k doplnění neintervenci strategie o cílená managementová opatření v zónách trvalé péče či nárazníkové zóně. Třetím tématem, kterému je možné se věnovat s využitím získaného souboru dat, je sledování změn v důsledku oteplování klimatu, konkrétně posunutí druhů směrem do vyšší nadmořské výšky a změny ve skladbě horských lesů v budoucnosti. Porovnání výsledků z let 2006 a 2016 v NP Bavorský les jistý posun naznačuje, ale není nijak dramatický. Subalpínská společenstva ve zkoumaném území stále existují.

Pro praktickou ochranu přírody, doporučujeme interval monitoringu 3 až 4 roky. Je-li z finančních důvodů možné provést pouze jeden monitoring v sezóně, je nejlepší zajistit po celou sezónu monitoring pomocí Malaiseho pastí. Tento typ lapače hmyzu zaznamenává nejvíce dostupné taxony hmyzu. Určovací úsilí je možné snížit pomocí meta-barcoding. Dále doporučujeme měřit hmotnost biomasy měsíčního vzorku, aby bylo možné výsledky monitoringu také kvantifikovat. Desing monitoringu by měl být vždy stratifikován pro konkrétní strukturu lesních i dalších stanovišť v kontextu diversity zájmové oblasti.

Zjištění, že různé druhy mrtvého dřeva mají velký význam pro udržení bohatého společenství organismů mrtvého dřeva, učí správy parků, aby se staraly zejména o vzácné druhy dřevin (jedle, topoly, olše, borovice). Proto je vhodné v porostech zachovat stromy, které musí být pokáceny například z důvodu údržby komunikací.

Vzhledem ke zjištěné velké důležitosti porostních mezer (tzv. gapů) pro mnoho druhů, je velmi žádoucí, a nejen v bezzásahových územích, tolerovat pozdější, v čase a prostoru diversifikovanou obnovu lesních porostů.

Rašeliniště

Rašeliniště jsou mimořádně extrémním prostředím, které se odráží i ve specifických ekologických vazbách a specializovaných druzích. Úzká adaptace organismů na extrémní prostředí je však spojena s jejich menší plasticitou a schopností prosperovat v případě změny. Rašeliniště a zejména ombrotrofní vrchoviště obecně jsou ekosystémy s nízkou resiliencí a mohou být tak použity jako dobrý indikátor různých vlivů způsobených lidskou činností. Rašeliniště mohou dobře indikovat změny v hydrologii i trofii prostředí stejně jako klimatické extrémy spojené s globální změnou klimatu (ESLL et al., 2012, LAMENTOWICZ et al., 2016). Rašeliniště jako ekosystémy existenčně závislé na vodě jsou potenciálně ohroženy jak častými suchými obdobími, tak i zvyšující se teplotou, což jsou změny v poslední době stále častěji predikované pro oblast střední Evropy (URBANOVÁ et al., 2012).

Dlouhodobý monitoring poskytuje cenné informace o ekologii a fungování rašelinišť, stejně tak ale může být i dobrým zdrojem poznatků o negativních dopadech na krajinu. Pro střeoevropská rašeliniště přetrvávající v mírném pásmu jako reliktní prvky, často v krajině silně ovlivněné člověkem, to platí dvojnásob. Hlavním předpokladem pro zachycení těchto dopadů je však dlouhodobé pozorování nikoli v řádu roků, ale nejméně několik desítek let.

Proto se důrazně doporučuje pokračovat v přeshraničním monitoringu rašelinišť ve stejném nebo alespoň velmi podobném udržitelném designu, aby bylo možné adekvátně zachytit probíhající trendy. Všechny tři hlavní typy rašelin zahrnující vrchoviště, rašelinné smrčiny a přechodová rašeliniště z nízkých nadmořských výšek i hřebenových poloh a reprezentujícími různé intenzity odvodnění by měly být sledovány minimálně po dobu 10–20 let. V rámci udržitelného monitoringu není nutné měřit hladinu podzemní vody ručně ve všech 118 lokalitách na české straně, ale důrazně se doporučuje udržovat automatické měření pomocí hladinoměrů ve všech stávajících vrtech na obou stranách hranice. Tento design zahrnuje 12 rašelinišť na české straně a 9 rašelinišť na bavorské straně. Automatický záznam dat by měl být doplněn o ruční měření hladiny vody pro kontrolu přesnosti měřených dat minimálně dvakrát nebo třikrát ročně. Podobně by měly být zachovány všechny klimatické stanice (celkem 6 na bavorské straně a 6 na české straně) pro automatický záznam mikroklimatických dat. Pro stažení příp. kontrolu dat a pro údržbu zařízení je stačí pouze 2–3 revize ročně. Tím bude případné narušení citlivých rašeliništních biotopů redukováno na minimum.

V případě vegetace a hydrochemie by měl být sběr dat opakován na všech trvalých plochách a na sběrných místech pro vzorky vody minimálně každých 5 let. Tento interval by měl být dostatečný, protože změny v rašeliništích obvykle probíhají pomalu.

Optimálním způsobem péče o zachovalá a nenarušená primární rašeliniště (vrchoviště, rašelinné smrčiny nebo blatkové bory) je v každém případě bezzásahový management. Tento přístup je založen na omezení téměř všech lidských aktivit a má na Šumavě dlouhodobou tradici. Mnohá rašeliniště, zejména ombrotrofní vrchoviště, jsou zde tradičně chráněna jako přírodní rezervace nebo aktuálně jako první zóny ať již v národním parku nebo v chráněné krajinné oblasti.

Nicméně velká část rašelinišť v území však byla v minulosti ovlivněna různými lidskými aktivitami. Současný průzkum například odhalil, že téměř 70 % rašelinišť bylo ovlivněno povrchovým odvodněním a vykazuje různé degradační změny (Bufková et al. 2010). Dřívější monitoring rašelinišť v rámci projektu Interreg Silva Gabreta odhalil významný pokles hladiny podzemní vody spojený se zvýšenou amplitudou jejího kolísání v rašeliništích, jejichž vodní režim byl kdysi narušen. Došlo také ke změně hydrochemických poměrů indikujících zvýšené rozložení rašeliny. Tyto změny se odrážejí ve vegetaci, kde se projevují např. expanzí suchomilných graminoidů, keřů a stromů. Těmito degradačními procesy jsou ohroženy vzácné druhy i společenstva včetně mnoha unikátních reliktních druhů. Bezzásahový management na lokalitách se silně narušenými abiotickými poměry vede spíše k nerušenému průběhu degradačních procesů a následné ztrátě cenných biotopů. Rašeliniště s narušenou hydrologií jsou navíc mnohem citlivější k aktuální klimatické změně a výkyvům počasí.

Vzhledem k uvedeným skutečnostem je v případě poškozených, byť primárních rašelinišť, více vhodný aktivnější přístup k jejich ochraně zahrnující revitalizační opatření. To ale v žádném případě neznamená trvalý a udržitelný management, jako je například sečení na loukách. Jedná se spíše o jednorázová

opatření zaměřená na obnovení přírodních abiotických podmínek a procesů, což může následně iniciovat po spontánní regeneraci ekosystému. Tento přístup byl v Národním parku Šumava přijat již v roce 1999, kdy byl zahájen „Program revitalizace šumavských rašelinišť a mokřadů“. Krátká, časově omezená opatření zaměřená na obnovu přirozené hydrologie se ukázala jako velmi pozitivní pro další vývoj narušených rašelinišť. Poté mohou být stanoviště ponechána spontánnímu vývoji.

Na základě výsledků monitoringu lze také uvést některá další doporučení pro vhodnou ochranu rašelinišť v zájmovém území:

Kombinovat blokování umělých drenážních kanálů s obnovou přírodních toků a kapilárních odtoků, kdekoli je to možné. Revitalizační efekt je mnohem úspěšnější, pokud jsou společně obnoveny všechny hydrologické jednotky včetně mokřadů a souvisejících tekoucích vod.

Chladicí účinek teplotní inverze v údolních polohách, který by mohl potenciálně zmírnit vliv probíhající změny klimatu, bude pravděpodobně méně výrazný, než se očekávalo. Údolí se zdají být také značně ovlivněny častými suchými periodami a horkými dny, podobně jako rašeliniště v exponovaných hřebenových partiích, i když vlhkost vzduchu se zde jeví být mnohem stabilnější. Proto by se měla cenit, ale poškozená údolní vrchoviště posunout v seznamu priorit o něco výše.

Rašeliniště jsou extrémně citlivá na mechanické poškození. Všechna opatření pro obnovu by proto měla být prováděna s maximální opatrností. V případě blokování a následného zasypu kanálů je však vhodné provádět tyto zásahy pomocí lehkých strojů (do 1,5–2 t), všude kde je to možné, zejména pak na silně degradovaných místech. Bezeškodné použití lehké techniky má enormní výhodu v tom, že blokování a zejména vyplňování příkopů je při něm dokonalejší a trvalé s mnohem menším rizikem následné post-revitalizační eroze kanálů. Navíc omezuje nechtěnou re-funkci drenážních kanálů. Vždy je však důležité pečlivě posoudit a vyvážit riziko poškození technikou a porovnat je s prognózou další degradace stanoviště v případě, že by se hydrologická obnova neuskutečnila, nebo by se prováděla pouze částečně z důvodu manuálního provedení.

Výsledky monitoringu dále ukazují, že minerotrofní rašelinné smrčiny (*Sphagno-Piceetum*) nebo podmáčené smrčiny (*Bazzanio-Piceetum*) vykazují výraznější hydrochemickou odpověď na revitalizační opatření. Koncentrace některých složek ve vodě (např. DOC) se mohou během okamžité reakce biotopu zvýšit. V krátkodobém horizontu (většinou 1–2 roky po revitalizaci). I když se jedná jen o okamžitou a krátkodobou reakci, měla by být zohledněna a sledována, v případě, že jsou revitalizovány a znovuzavodněny velké plochy lesních rašelinišť nebo podmáčených lesů v oligotrofních lokalitách. Je také vhodné rozdělit revitalizační práce s těmito stanovišti do několika časově oddělených fází.

Výsledky monitoringu ukázaly, že v současné době, kdy probíhá klimatická změna a suchá a horká období se opakují častěji, minerotrofní a přechodová rašeliniště, zejména prameniště, jsou hydrologicky mnohem stabilnější než např. vrchoviště. Podářilo se potvrdit, že jsou tyto relativně malé mokřady důležité pro širší hydrologii krajiny. Proto je nesmírně důležité chránit tato stanoviště důsledně, i když se jedná většinou o trpasličí, opomíjené ostrovy ukryté ve velkých lesních komplexech. Je bezpodmínečně nutné předcházet jejich poškození, například v důsledku nevhodného lesního hospodaření, jako je kácení stromů, přeprava dřeva a pohyb těžkých strojů.

Obnova odvodněných rašelinišť je v současné době zaměřena především na lokality s narušeným vodním režimem v důsledku odvodnění, které bylo v minulosti prováděno s cílem zlepšit využívání mokřadních oblastí (např. zvýšit produkci dřeva nebo zemědělské využití). Kromě klasické drenáže je v území také velmi hustá síť lesních komunikací, zejména na české straně, která je často doprovázená velkými a nadrozměrnými příkopy. Jejich dopad na místní vodní režim a hydrické poměry v mokřadech je přitom podceňován nebo zcela opomíjen. Tyto silniční příkopy jsou nyní velmi účinné a drénují mnoho komplexů rašelinišť a mokřadů, včetně cenných lokalit. Negativní hydrologické dopady husté cestní sítě na mokřady a zadržování vody se navíc v současnosti zvyšují klimatickými změnami. Proto je důrazně doporučeno co nejdříve upravit nebo přestavět lesní cesty, zejména ty, které protínají doly nebo cenné mokřady, aby se jejich odvodňovací účinek snížil na minimum.

Vodní ekosystémy

Doporučení vycházející z výsledků tohoto projektu jsou zaměřena především na **vytvoření funkčního monitoringu tekoucích vod a klimatu**, které je ovlivňuje, a na speciální téma managementu toků, kterým je **revitalizace toků**.

V NP Bavorský les bylo vytvořeno a realizováno **základní schéma monitoringu toků a klimatu**, které je založeno na sledování toků podél gradientu nadmořské výšky. Po několika opakováních tohoto monitoračního schématu v čase bude možné vyhodnotit vlivy klimatických změn na ekosystém tekoucích vod a také predikovat další průběh. Monitoring je navržen tak, aby umožnil detekovat posuny ve výskytu druhů směrem proti proudu a následné změny ve struktuře společenstev vlivem růstu teploty vody. Počet studovaných lokalit v základním nastavení monitoringu je 51, což je relativně hustá síť lokalit v rámci NP Bavorský les. Proto jsme naplánovali určitou redukci počtu lokalit pro následující opakování tohoto monitoringu, čímž by měl být optimalizován set lokalit pro dlouhodobou studii. Jasně rozhodnutí, které lokality budou vybrány, bude na základě vyhodnocení dat z prvního opakování současného monitoringu. Doporučujeme opakování monitoringu každý druhý rok a rozdělení studie do dvou let (každý druhý půlrok), což přinese i lepší data o roční variabilitě. Celkově se potvrzuje, že území NP Bavorský les je ideálním místem pro tento typ studie, protože jsou zde minimalizovány jiné antropogenní vlivy, které by maskovaly vlivy klimatických změn.

V NP Šumava byl tříletý monitoring tekoucích vod primárně zaměřen na revitalizované toky, především na **vyhodnocení úspěchu revitalizačních opatření a dosažení cílů revitalizací**. Vyhodnotili jsme různé typy revitalizačních opatření, která byla aplikována ve stejné oblasti (aluvium řeky Vltavy) a na podobném typu toků. Také druhový pool akvatické fauny (tzn. přirozená společenstva), který by měl toky kolonizovat, jsou pro všechny toky stejná. Úspěch revitalizace je závislý na kontextu, což podtrhuje důležitost jednotlivého vyhodnocování každého případu a každé plánované revitalizace zvláště a detailní znalosti kontextu jsou proto zásadní pro plánování budoucích revitalizací. Zkušenosti získané z monitoringu revitalizovaných toků v NP Šumava a doporučení pro příští revitalizace jsou sumarizovány v následujících bodech:

Úseky toků revitalizované kompletní revitalizací, tj. postavením nového koryta jsou výrazně ovlivněny nestabilitou dnových sedimentů a hydraulických podmínek v novém, v podstatě umělém korytě. Tato nestabilita se odvíjí od proudových podmínek, především extrémních maximálních a minimálních průtoků několik let po revitalizaci. Proto vývoj vodních habitatů a podmínek vhodných pro kolonizaci bioty trvá v těchto typech koryt dlouho a vyhodnocení úspěchu revitalizace by mělo být zaměřeno na

dostatečnou dobu po revitalizaci a monitoring by měl probíhat dlouhodoběji. Navíc je kolonizace nových koryt vodní biotou relativně pozvolná a může být náhle přerušována extrémními průtoky, které kompletně vyplaví koryto a navrátí tak zotavování bioty i habitatů po revitalizaci do iniciálního stavu. Vývoj stabilních podmínek je dlouhodobým procesem. Příkladem tohoto vývoje lze pozorovat na dvou úsecích revitalizované Hučiny.

Úseky revitalizované částečným opatřením (nebo spontánně re-naturalizované úseky) jsou velmi důležité pro zotavování celkého revitalizovaného úseku. Mnoho z degradovaných toků na Šumavě (a v České republice obecně) bylo regulováno před dlouhou dobou, před 50 až 130 lety. Proto pokud není jejich regulace udržována, mohly se progresivně renaturalizovat přirozenými procesy v průběhu dlouhé doby po regulačním zásahu. Pokud jsou zdrojové populace přirozených společenstev přítomny v okolní krajině, mohly být relativně snadno rekolonizovány přirozenou faunou. Naše studie jasně ukazuje důležitost těchto renaturalizovaných úseků toků pro vývoj přirozených společenstev v revitalizovaných úsecích. Pokud byly tyto renaturalizované úseky revitalizovány citlivě a částečně, aby revitalizace nenarušila dnové sedimenty a jejich faunu, zotavovaly se velmi rychle, byly stabilnější než nově postavená revitalizovaná koryta a jejich biota brzy začala sloužit jako zdrojové populace pro kolonizaci zbývajících revitalizovaných úseků. Když jsme toto diskutovali s vědci z jiných evropských zemí na mezinárodní konferenci, dozvěděli jsme se mnoho příkladů špatně provedených „tvrdých“ revitalizací, které kompletně eliminovaly faunu těchto původně relativně renaturalizovaných úseků, a to přestože tyto úseky již byly osídleny mnoha v okolí vzácnými druhy. Toto podtrhuje důležitost detailního plánování revitalizací s vyhodnocením současného stavu vodních habitatů, i když ty jsou morfologicky degradovány. Příkladem z naší studie je horní úsek Žlebského potoka.

Plánování revitalizace úseků, které nemají žádná přirozená vodní stanoviště nad revitalizovaným úsekem a/nebo nemají přirozené dnové sedimenty, vyžaduje speciální vyhodnocení cílového stavu průtokového režimu a dynamiky dnových sedimentů, které by měly nastat po revitalizaci. Řeky bez přirozených sedimentů (typicky nově postavená koryta) zůstávají holé, nestabilní a nepříznivá pro faunu a zotavování dnových habitatů vůbec nenastává nebo je velmi velmi pomalé. Proto by měl být dodán sediment, i když je allochtonní. V tomto případě je proto velmi důležitá a nezbytná správná definice cílové hrubosti substrátu a jeho geologického původu. Náš příklad: horní část Jedlového potoka.

Definice cílového typu toků (a tím pádem i typu přirozeného vodního společenstva) po revitalizaci je naprosto stěžejní pro plánování revitalizací. Regulované toky jsou často přeloženy jinam ze své původní trasy a/nebo je jejich typ kompletně změněn jejich zkanalizováním. Revitalizace navrácením toku do jeho původní trasy, sedimentů a aluvia by mělo vést k původnímu typu toku před regulací. Proto by také vyhodnocení úspěchu revitalizace mělo být zaměřeno především na dosažení tohoto cíle. Náš příklad: spodní část Žlebského potoka.

Revitalizace toků zvýšily hladinu vody v jejich záplavovém území, což vedlo k pozvolným změnám ve struktuře vegetace. Mělká meandrující koryta jsou náchylná k erozi břehů, což je důležité pro přirozenou dynamiku sedimentů a koryta. Obnovená komunikace toku s jeho záplavovým územím zlepšila retenci vody v krajině, což byl jeden z hlavních cílů revitalizací.

Zkušenosti získané z revitalizací toků jsou omezeny na toky s dobrou kvalitou vody a dostupnými zdrojovými populacemi vodní bioty v okolní krajině, což jsou důležité faktory omezující zotavování revitalizovaných toků v kulturní krajině. Proto je naše případová studie příkladem vývoje revitalizovaných toků ve více méně ideálních podmínkách. Naše studie je velmi detailní, protože jsou

vzorky odebírány čtyřikrát ročně, aby bylo možné popsat stabilitu revitalizovaných toků, a zahrnuje období tří nebo pěti let po revitalizaci, aby bylo možné popsat změny v čase. Analogické studie z Evropy jsou většinou založeny na jednorázovém nebo jednoletém vzorkování. Náš monitoring by měl pokračovat ve dvou či tříletých krocích, aby byla data dále rozšiřována a mohli jsme se dozvědět více o dlouhodobé stabilitě revitalizovaných, do určité míry ale umělých, toků. V případě nových revitalizací v oblasti, by měl být studován také stav před revitalizací, aby bylo možné vyhodnotit pre-revitalizační stav koryt a jejich dnových habitatů. Zkušenosti z revitalizací potoků v NP Šumava a jejich monitoringu mohou být cenné a plně aplikovatelné pro jiné revitalizační projekty ve střední Evropě.

Appendix – Společná Databáze CD

NP Bavorský les

Data	Tabulky	Popis	Počet ploch	Kontaktní osoba	Taxonomové
Lesy					
cévnaté rostliny	pokryvnost druhů	pokryvnost druhů v % modif. podle Londo stupnice v každé vegetační vrstvě	157	Claus Bässler	Klaus Thiele, Christian Strätz
cévnaté rostliny	struktura vegetace	pokryvnost a výška každé vegetační vrstvy	157	Claus Bässler	Klaus Tiele, Christian Strätz
mechy	druhy a data o objektu	pokryvnosti a objekt (druh stromu, substrát, rozklad, průměr a délka)	157	Claus Bässler	Oli Dürhammer
lišejníky	druhy a data o objektu	pokryvnosti a objekt (druh stromu, substrát, rozklad, průměr a délka)	157	Claus Bässler	Oli Dürhammer
houby	druhy a data o objektu	pokryvnosti a objekt (druh stromu, substrát, rozklad, průměr a délka)	157	Claus Bässler	Peter Karasch
měkkýši	početnost druhů	početnost druhů	157	Jörg Müller	Christian Strätz
pavouci	početnost druhů	početnost druhů	157	Jörg Müller	Ingmar Weiß
chvostokoci	početnost druhů	početnost druhů	157	Jörg Müller	Jörg Salomon
síťokřídílí	početnost druhů	početnost druhů	157	Jörg Müller	Axel Gruppe
širopasí	početnost druhů	početnost druhů	157	Jörg Müller	Andrew Liston
stíhlopasí	početnost druhů	početnost druhů	157	Jörg Müller	Christian Schmid-Egger
křísi	početnost druhů	početnost druhů	157	Jörg Müller	Herbert Nickel
ploštice	početnost druhů	početnost druhů	157	Jörg Müller	Martin Gossner
brouci	početnost druhů	početnost druhů	157	Jörg Müller	Boris Büche, Alexander Szallies
motýli	početnost druhů	početnost druhů	157	Jörg Müller	Hermann Hacker
pestřenky	početnost druhů	početnost druhů	157	Jörg Müller	Gisela Merkel-Wallner
ptáci	početnost druhů	početnost druhů	157	Jörg Müller	Johannes Mader, Christoph Meyer
netopýři	početnost druhů	záznamy druhů, minutové záznamy	52	Jörg Müller	Bat Corder - Students
savci	početnost druhů	záznamy druhů	52	Marco Heurich	Camera Traps - Students
struktura lesa	mrtvé dřevo	strom, průměr, výška/délka, rozklad, odkornění, stín/slunce, objem	157	Claus Bässler	Torben Hilmers

struktura lesa	úhly	id, druh stromu	157	Claus Bäessler	Torben Hilmers
struktura lesa	hektarová inventura	zápoj, výška, druhová data horní, střední a dolní vrstvy porostu	157	Claus Bäessler	Torben Hilmers
struktura lesa	stromy	druhy, DBH, výška, tree top base	157	Claus Bäessler	Torben Hilmers
struktura lesa	popis	popis všech parametrů	157	Claus Bäessler	Torben Hilmers
struktura lesa	stanovení věku	angle count samplings	157	Claus Bäessler	Henning Rothe
půda	chemie	horizont, C, N, C/N, ph, iontové koncentrace, H	157	Claus Bäessler	Henning Rothe
půda	fyzikální vlastnosti	horizont a popis	157	Claus Bäessler	Henning Rothe
půdní mikroorganismy	species data	DNA sekvence půdních hub a bakterií	52	Claus Bäessler	Micro Synth
Vodní ekosystémy					
Ephemeroptera	abundance vodních larev	abundance vodních larev	49	Jindřiška Bojková	Pavel Sroka, Selma de Donnová, Jindřiška Bojková
Plecoptera	abundance vodních larev	abundance vodních larev	49	Jindřiška Bojková	Jindřiška Bojková
Odonata	abundance dospělců a vodních larev	abundance dospělců a vodních larev	49	Jindřiška Bojková	Kateřina Kozlová, Jan Sychra
Heteroptera	abundance vodních nymf a larev	abundance vodních nymf a larev	49	Jindřiška Bojková	Jan Sychra
Trichoptera	abundance vodních larev	abundance vodních larev	49	Jindřiška Bojková	Jana Petruželová
Coleoptera	abundance vodních larev a dospělců	abundance vodních larev a dospělců	49	Jindřiška Bojková	Jan Sychra, Michal Straka, Karolína Fišarová
Chironomidae	abundance vodních larev	abundance vodních larev	49	Jindřiška Bojková	Vanda Šorfová, Vít Syrovátka
ostatní čeledi Diptera	abundance vodních larev	abundance vodních larev	49	Jindřiška Bojková	Vendula Polášková
zooplankton (Rotifera, Crustacea)	abundance druhů	abundance druhů	49	Jindřiška Bojková	Michal Šorf
chemie vody	chemická data	Koncentrace iontů, TP, DOC, TN, ANC, pH	49	Jindřiška Bojková	Jindřiška Bojková
environmentální data	environmentální data	Teplota, substrát, proudění, popis habitatů	49	Jindřiška Bojková	Jindřiška Bojková
Ephemeroptera	abundance druhů, dospělci Malaiseho pasti	abundance druhů	53	Jindřiška Bojková	Roman Godunko
Plecoptera	abundance druhů, dospělci Malaiseho pasti	abundance druhů	53	Jindřiška Bojková	Jindřiška Bojková

Trichoptera	abundance druhů, dospělci Malaiseho pasti	abundance druhů	53	Jindřiška Bojková	Jana Petruželová
Submersní vegetace	druhová data	početnost druhů	53	Burkhardt Beudert	Lüttig und Friends
Macrozoobenthos	druhová data	početnost druhů	53	Burkhardt Beudert	Senckenberg
Genetické analýzy	genetická data	genetická data	9	Burkhardt Beudert	Senckenberg
Submerse Fungi	exposed substrate	druhová data	15	Claus Bässler	DSMZ, Baschien
Submerse Fungi	incubated isolates	druhová data	15	Claus Bässler	DSMZ, Baschien
Submerse Fungi	resupinates	druhová data	15	Claus Bässler	Andreas Gminder
Fish	druhová data	vybrané úseky toků	7	Burkhardt Beudert	Josef Nusshardt, Josef Hoch
shore beetles	druhová data	početnost druhů	15	Burkhardt Beudert	Jonas Köhler
Stabilní isotopy	c / n	isotopy	30	Burkhardt Beudert	Gerhard Gebauer
Teploty toků	teploty	teploty	53	Burkhardt Beudert	Linda Seifert
Teploty Rachelsee	Teploty	teploty	1	Burkhardt Beudert	Linda Seifert
Cameras Lake Rachel	fotografie	fotografie	2	Burkhardt Beudert	Linda Seifert
Rašeliniště					
Vegetace	druhová data	pokryvnosti		Burkhardt Beudert	Cornelia Siuda, Ketterer
Hydrochemie	hydrochemická data	koncentrace iontů, pH		Burkhardt Beudert	LWF, Blum
Mikroklima	klimatická data	teplota a vlhkost vzduchu, vlhkost půd, srážky		Burkhardt Beudert	Station Fiedler
Hladina vody	hladina	data o výšce a teplotě hladiny		Burkhardt Beudert	solinst Loggers
Ostatní					
Klima	Aggregovaná data 1980- 2015	min, max, průměrné teploty, srážky, osvit		Claus Bässler	Beate Klöcking
Klima	data 1980-2015	min, max, průměrné teploty, srážky, osvit, nadmořská výška, sklon a expozice		Claus Bässler	Beate Klöcking
Model vodní sítě	vodní síť	shape file vodní sítě		Claus Bässler	Beate Klöcking
Klima scénář	data	shape file		Burkhardt Beudert	Beate Klöcking
Water balance simulations	data	shape file		Burkhardt Beudert	Beate Klöcking

NP Šumava

Data	Tabulky	Popis	Počet ploch	Kontaktní osoba	Taxonomové
Lesy					
cévnaté rostliny	pokryvnost druhů	pokryvnost druhů v % v každé vegetační vrstvě	120	Jaroslav Červenka	Jana Zývalová, Zdenka Chocholoušková, Zdenka Křenová, Tereza Čermáková
cévnaté rostliny	struktura vegetace	pokryvnost a výška každé vegetační vrstvy	120	Jaroslav Červenka	Jana Zývalová, Zdenka Chocholoušková, Zdenka Křenová, Tereza Čermáková
mechy	druhy a data o objektu	pokryvnosti a objekt (druh stromu, substrát, rozklad, průměr a délka)	120	Jaroslav Červenka	Eva Mikulášková, Jana Procházková, Markéta Táborská
lišejníky	druhy a data o objektu	pokryvnosti a objekt (druh stromu, substrát, rozklad, průměr a délka)	120	Jaroslav Červenka	Jan Vondrák, Jiří Malíček
houby	druhy a data o objektu	pokryvnosti a objekt (druh stromu, substrát, rozklad, průměr a délka)	120	Jaroslav Červenka	Václav Pouska, Anna Lepšová, Jiří Kout, Lucie Zíbarová
měkkýši	početnost druhů	početnost druhů	120	Jaroslav Červenka	Jitka Horáčková, Karel Horáček
pavouci	početnost druhů	početnost druhů	120	Jaroslav Červenka	Pavel Bezděčka, Vladimír Hula
chvostokoci	početnost druhů	početnost druhů	120	Jaroslav Červenka	Peter Čuchta
sítokřídílí	početnost druhů	početnost druhů	120	Jaroslav Červenka	Libor Dvořák
širopasí	početnost druhů	početnost druhů	120	Jaroslav Červenka	Ján Macek
štíhlopasí	početnost druhů	početnost druhů	120	Jaroslav Červenka	Jakub Straka
křísi	početnost druhů	početnost druhů	120	Jaroslav Červenka	Igor Malenovský
ploštice	početnost druhů	početnost druhů	120	Jaroslav Červenka	Petr Baňar
brouci	početnost druhů	početnost druhů	120	Jaroslav Červenka	Pavel Moravec, Jiří Skuhrovec, Luboš Dembický, Petr Brůha
motýli	početnost druhů	početnost druhů	50	Jaroslav Červenka	Alois Pavlíčko, Bohumil Vodrlind
pestřenky	početnost druhů	početnost druhů	120	Jaroslav Červenka	Gisela Merkel-Wallner

ptáci	početnost druhů	početnost druhů	120	Jaroslav Červenka	Petr Zasadil, Dominik Kebrle, Vendula Ludvíková, Linda Kostelová
savci	početnost druhů	záznamy druhů	50	Jaroslav Červenka	Oldřich Vojtěch, Pavel Štětina
struktura lesa	mrtvé dřevo	strom, průměr, výška/délka, rozklad, odkornění, stín/slunce, objem	120	Jaroslav Červenka	Jitka Zenáhlíková, Petr Marek, Radek Bače
struktura lesa	úhly	id, druh stromu	120	Jaroslav Červenka	Torben Hilmers
struktura lesa	hektarová inventura	zápoj, výška, druhová data horní, střední a dolní vrstvy porostu	120	Jaroslav Červenka	Torben Hilmers
struktura lesa	stromy	druhy, DBH, výška, tree top base	120	Jaroslav Červenka	Torben Hilmers
struktura lesa	popis	popis všech parametrů	120	Jaroslav Červenka	Torben Hilmers
struktura lesa	stanovení věku	angle count samplings	120	Jaroslav Červenka	Henning Rothe
půda	chemie	horizont, C, N, C/N, ph, iontové koncentrace, H	120	Jaroslav Červenka	LABTECH - ing. Krýsl
půda	fyzikální vlastnosti	horizont a popis	120	Jaroslav Červenka	Petr Kotrba
dendrochronologie	dendrochronologie	věk porostů	120	Jaroslav Červenka	Vojtěch Čada, Jan Altman
Vody					
Ephemeroptera	abundance vodních larev	abundance vodních larev	49	Jindřiška Bojková	Pavel Sroka, Selma de Donnová, Jindřiška Bojková
Plecoptera	abundance vodních larev	abundance vodních larev	49	Jindřiška Bojková	Jindřiška Bojková
Odonata	abundance dospělců a vodních larev	abundance dospělců a vodních larev	49	Jindřiška Bojková	Kateřina Kozlová, Jan Sychra
Heteroptera	abundance vodních nymf a larev	abundance vodních nymf a larev	49	Jindřiška Bojková	Jan Sychra
Trichoptera	abundance vodních larev	abundance vodních larev	49	Jindřiška Bojková	Jana Petruželová
Coleoptera	abundance vodních larev a dospělců	abundance vodních larev a dospělců	49	Jindřiška Bojková	Jan Sychra, Michal Straka, Karolína Fišarová
Chironomidae	abundance vodních larev	abundance vodních larev	49	Jindřiška Bojková	Vanda Šorfová, Vít Syrovátka
ostatní čeledi Diptera	abundance vodních larev	abundance vodních larev	49	Jindřiška Bojková	Vendula Polášková
zooplankton (Rotifera, Crustacea)	abundance druhů	abundance druhů	49	Jindřiška Bojková	Michal Šorf
chemie vody	chemická data	Koncentrace iontů, TP, DOC, TN, ANC, pH	49	Jindřiška Bojková	Jindřiška Bojková

Chemické analýzy z povodí ledovcových jezer	Chemické analýzy jezera	Chemické analýzy hlavních iontů a živin	2	Jaroslav Červenka	Jiří Kopáček
Rašeliniště					
Vegetace	druhová data	pokryvnosti		Ivana Bufková	Ivana Bufková
Hydrochemie	hydrochemická data	koncentrace iontů, pH		Ivana Bufková	Ivana Bufková
Mikroklima	klimatická data	teplota a vlhkost vzduchu, vlhkost půd, srážky		Ivana Bufková	Ivana Bufková
Hladina	hladina	data o výšce hladiny a teplotě		Ivana Bufková	Ivana Bufková
Ostatní					
Klima	mesoklima model	min, max, průměrné teploty, srážky, osvit		Jaroslav Červenka	Dušan Romportl
Klima	mesoklima data	shapes		Jaroslav Červenka	Dušan Romportl
Vliv solení	datalogery solení	vodivost, hladina vody a teplota		Jaroslav Červenka	GeoVision

Seznam citované literatury

AQEM Consortium, 2002: *Manual for the application of the AQEM system. A comprehensive method to assess European streams using benthic macroinvertebrates, developed for the purpose of the Water Framework Directive*. Version 1.0, February 2002, AQEM Consortium, 202 pp.

Bílek O. (ed.) 2018: Monitoring vlivu solení na ekosystémy NP a CHKO Šumava. Projektová zpráva. Depon In Správa NP a CHKO Šumava.

Bing, T. 2011: Variation in diet of Hydropsyche sp. Larvae (Trichoptera) across an altitudinal gradient, Bachelor Thesis, Philipps University of Marburg.

Binot M., Bless R., Boye P., Gruttke H., Pretscher P. 1998: *Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands*. Bundesamt für Naturschutz, 435 pp.

Blacket M.J., Robin C., Dobrá R.T., Lee S.F., Miller A.D. 2012: Universal primers for fluorescent labelling of PCR fragments—an efficient and cost-effective approach to genotyping by fluorescence. *Mol. Ecol. Res.* 12: 456-463.

Bojková et al. 2015: Macrozoobenthos of streams and lakes in the Bavarian Forest NP, Pilotstudie, Silva Gabreta – Development of transboundary monitoring (INTERREG Project Nr. 368).

Bojková J., Bufková I., Rádková V., Soldán T., Vrba J. 2017: Jak se žije v revitalizovaných potocích na Šumavě? *Živa*, 2: 75–76.

Bojková J., Čížková H., Kučerová A., Rádková V., Soldán T., Svidenský T., Vrba J. 2015: Monitoring of the restored streams in the Vltavský Luh, Šumava National Park. *Silva Gabreta*, 21: 73–79.

Bojková J., Rádková V., Soldán T., Vrba J. 2017: Colonisation of the restored stream by benthic invertebrates: a case study from the Bohemian Forest (Czech Republic). In X. Symposium for European Freshwater Sciences, Olomouc, Czech Republic, Abstract Book, p. 126.

Bojková J., Seifert L., Petruželová J., Šorfová V., Syrovátka V., Sroka P., Polášková V. 2018: Species richness and composition of macroinvertebrate assemblages in the Bavarian Forest National Park: Preliminary results of the stream monitoring. *Silva Gabreta*, 24: 171–211.

Bojková J., Soldán T., Šorfová V., Vrba J. 2018a: Colonisation of the restored stream by benthic invertebrates: a case study from the Bohemian Forest (Czech Republic). In XV. International Conference on Ephemeroptera and XIX. International Symposium on Plecoptera, Aracruz, Brazil. Abstract Book, p. 86.

Bojková J., Šorfová V., Vrba J., Soldán T. 2018b: Kolonizace a vývoj společenstva makrozoobentosu v revitalizovaném toku Hučina (NP Šumava). In XVIII. konference České limnologické společnosti a Slovenskej limnologickej spoločnosti, Kořenov, Czech Republic. Sborník příspěvků, p. 30.

Braukmann U., Biss R. 2004: Conceptual study – An improved method to assess acidification in German streams by using benthic macroinvertebrates. *Limnologica*, 34: 433–450.

Bufková I., Stíbal F., Mikulášková E. 2010: Restoration of drained mires in the Šumava National Park, Czech Republic. – In: Eiselová M. (ed.), Restoration of lakes, streams, floodplains, and bogs in Europe: principles and case studies, 331–354, Springer Verlag.

Danancher D., Cellot B., Dolédec S., Reynaud D. 2009: Isolation and characterization of the first eight microsatellite loci in *Gammarus fossarum* (Crustacea, Amphipoda) and cross-amplification in *Gammarus pulex* and *Gammarus orinos*. *Mol Ecol Res* 9: 1418–1421.

Elbrecht V., Leese F. 2017: Validation and development of COI metabarcoding primers for freshwater macroinvertebrate bioassessment. *Front. Environ. Sci.* 5:11.

Essl F., Stefan D. 2012: Vulnerability of mires under climate change: implications for nature conservation and climate change adaptation. *Biodivers Conserv* 21:655–669.

Evanno G., Regnaut S., Goudet J. 2005: Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study. *Mol Ecol* 14:2611–2620.

Folmer O., Black M., Hoeh W., Lutz R., Vrijenhoek R. 1994: DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology* 3: 294–299.

Friedrich G., Herbst V. 2004: Eine erneute Revision des Saprobiensystems – weshalb und wozu? *Acta hydrochimica et hydrobiologica* 32 (1): 61-74.

Friess N., Bässler C., Brandl R., Hilmers T., Müller J., Seifert L. 2018: Biodiversity along an elevational gradient of the Bavarian Forest –The BIOKLIM project. *Silva Gabreta* 24: 149-160

Geismar J, Sauer J, Haase P, Nowak C. 2011: New microsatellite markers for the assessment of fine-scale dispersal patterns in the endangered montane caddisfly *Drusus discolor*. *Conservation Genetic Resources* 3: 605-607.

Haase P., Sundermann A. 2004: Standardisierung der Erfassungs- und Auswertungsmethoden von Makrozoobenthosuntersuchungen in Fließgewässern. Abschlussbericht zum LAWA-Projekt O 4.02. <http://www.fliessgewaesserbewertung.de> [Stand November 2004].

Hejda R., Farkač J., Chobot K. (eds) 2017: Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. / Red list of threatened species of the Czech Republic. Invertebrates. *Příroda*, 36: 1–611.

Hess M., Heckes U. 2014: Ökologisches Gutachten 25 Jahre Versauerungsmonitoring SAMOWA25 Auswertungen Makrozoobenthos, im Auftrag des Bayerisches Landesamt für Umwelt Referat 83: Ökologie der Fließgewässer, München.

Hilmers T., Bässler C., Friess N., Müller J., Seifert L. 2018: Changes in forest structure in the National Park Bavarian Forest. An evaluation after 10 years of the BIOKLIM-Project. *Silva Gabreta* 24: 161-170.

Holleley CE, Geerts PG. 2009: Multiplex Manager 1.0: a crossplatform computer program that plans and optimizes multiplex PCR. *BioTechniques* 46: 511-517.

Klöcking B. 2018: Simulation of meteorological conditions in the Bohemian Forest. *Silva Gabreta* 24: 69-84.

Köhler J. 2015: Voruntersuchung zur Käferfauna (Coleoptera) nässegeprägter Lebensräume des Nationalparks Bayerischer Wald Stichproben-Erkundung von Moorstandorten im Mai 2015, im Auftrag des Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald, Bonn.

Koch S. 2016: Die Eintagsfliegen des Nationalparks Bayerischer Wald (Insecta, Ephemeroptera), *Mitteilungen der Münchner Entomologischen Gesellschaft*, 106, 65-127.

Křenová Z., Seifert L. 2018: The Silva Gabreta Project – transboundary cooperation in monitoring of biodiversity and water regime. *Silva Gabreta*, 24: 1–20.

Křenová Z., Zýval V., Zýval V. jun., Chocholoušková Z. 2018: Increasing concentration of deicing salt in soils of the Bavarian Forest National Park. *European Journal of Environmental Sciences* Vol. 8, No. 2, pp. 109–116

Lamentowicz M., Słowińska S., Słowiński M., Jassey V.E.J., Chojnicki B.H., Reczuga M.K., Zielińska M., Marcisz K., Lamentowicz L., Barabach J., Samson M., Kołaczek P., Buttler A. 2016: Combining short-term manipulative experiments with long-term palaeoecological investigations at high resolution to assess the response of Sphagnum peatlands to drought, fire and warming. *Mires and Peat*, 18: 20, 1–17.

Leys M., Keller I., Räsänen K., Gattolliat J.L., Robinson C.T. 2015: Distribution and population genetic variation of cryptic species of the Alpine mayfly *Baetis alpinus* (Ephemeroptera: Baetidae) in the Central Alps. *BMC Evol. Biol.* 16: 77.

Miller S.A., Dykes D.D., Polesky H.F. 1988: A simple salting out procedure for extracting DNA from human nucleated cells. *Nucleic Acids Research* 16: 1215.

Pauls S.U., Feldheim K.A., Haase P. 2007: Isolation and characterization of microsatellite markers in the caddisfly *Drusus discolor* (Trichoptera: Limnephilidae). *Mol Ecol Notes* 7:150–152.

Pottgiesser T., Sommerhäuser M. 2004: Fließgewässertypologie Deutschlands: Die Gewässertypen und ihre Steckbriefe als Beitrag zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie. In: Steinberg C., Calmano W., Wilken R.-D. & Klapper, H. (Hrsg.): *Handbuch der Limnologie*. 19. Erg.Lfg. 7/04. VIII-2.1: 1-16 + Anhang.

Pritchard J.K., Stephens M., Donnelly P. 2000: Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics* 155: 945–959.

Rosenberg N.A. 2004. DISTRUCT: A program for the graphical display of population structure. *Mol Ecol Notes* 4: 137–138

Schöll T. 1987: Limnofauna des Nationalparks Bayerischer Wald unter besonderer Berücksichtigung der Gewässerversauerung, Doktorarbeit, Bonn.

Schreiner V. C. 2012: Variation in diet of *Isoperla* sp. (Plecoptera) and *Rhyacophila* sp. (Trichoptera) larvae across an elevational gradient, Masterarbeit, Philipps University of Marburg.

Stockbauer W. 2002: Untersuchungen der Makrozoobenthosbesiedelung eines renaturierten Abschnittes des Kolberbaches im Nationalpark Bayerischer Wald (2002), Diplomarbeit, Fachhochschule Weihenstephan Abteilung Triersdorf.

Truett G.E., Mynatt R.L., Truett A.A., Walker J.A., Warman M.L. 2000: Preparation of PCR-quality mouse genomic DNA with hot sodium hydroxide and Tris (HotSHOT). *BioTechniques* 29: 52-54.

Ungermanová et al. 2011: Littoral macroinvertebrates of acidified lakes in the Bohemian Forest, *Biologia* 69/9: 1190—1201.

Urbanová Z., Píček T., Hájek T., Buřková I., Tuittila E-S. 2012: Vegetation and carbon gas dynamics under a changed hydrological regime in central European peatlands. *Plant Ecology & Diversity*, 5:1, 89-103.

Westram A.M., Jokela J., Keller I. 2010: Isolation and characterization of ten polymorphic microsatellite markers for three cryptic *Gammarus fossarum* (Amphipoda) species. *Conservation Genet Resour* 2: 401-404.

Zýval V., Křenová Z., Raus M., Štrulp V., Zýval V. jun., Zývalová J. 2018: Effects of Deicing Salt in Protected Areas: Water Quality Monitoring in the River Basin with the Occurrence of a Rare Pearl Mussel. *Journal of the Polish Mineral Engineering Society* January-June: 99-102.