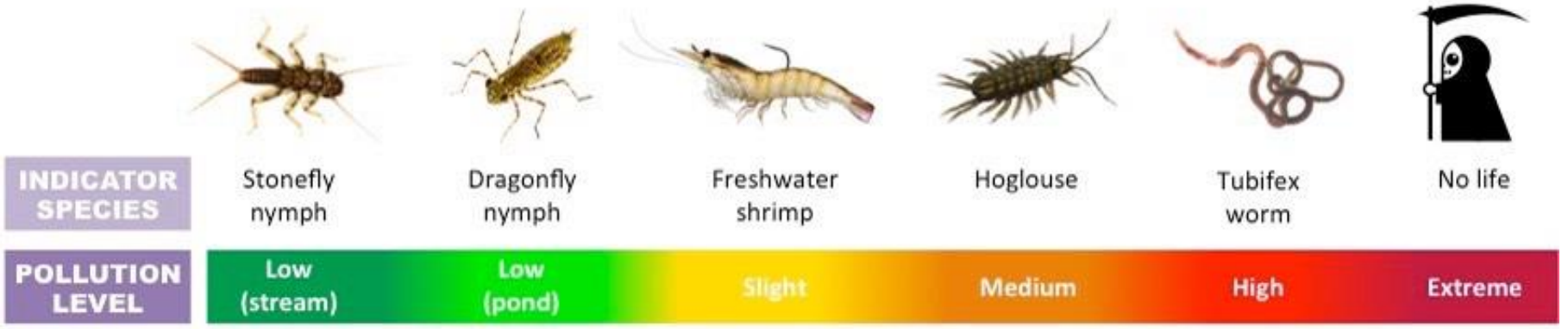
FUNGI, PLANTAE, ANIMALIA 1

se zaměřením na indikátorové druhy

(Bioindikace a biomonitoring)



Co je bioindikátor?

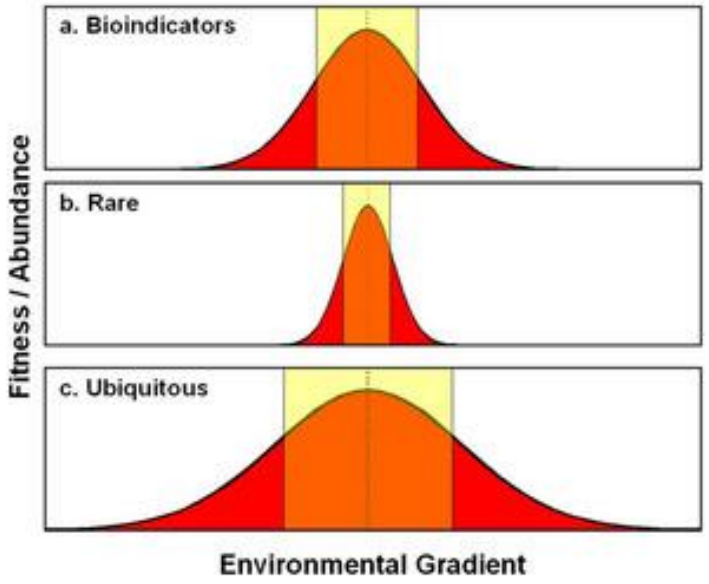
- Bioindikátory zahrnují **ekologické procesy, druhy nebo společenstva**; slouží k posouzení stavu kvality životního prostředí a/nebo jeho změn v průběhu času
- Živý organismus (či společenstvo organismů), z jejichž **přítomnosti, kondice či chování** je možno usuzovat na přítomnost určitého faktoru prostředí i na stav a změnu prostředí
- Typy bioindikátorů:
  - **Sentinely** (hlídky) – citlivé organismy zaváděné do prostředí úmyslně, aby indikovaly jeho okamžité změny
  - **Detektory** – organismy vyskytující se přirozeně a reagují na změnu prostředí
  - **Exploatátory** (vykořisťovatelé) – organismy, jejichž přítomnost indikuje narušení a znečištění prostředí
  - **Akumulátory** – organismy, které přijímají a hromadí škodlivé látky z prostředí

ečenstva;
eho změn

- Živý organismus (či společenstvo organismů), z jejichž **přítomnosti, kondice či chování** je možno usuzovat na přítomnost určitého faktoru prostředí i na stav a změnu prostředí
- Typy bioindikátorů:
  - **Sentinely** (hlídky) – citlivé organismy zaváděné do prostředí úmyslně, aby indikovaly jeho okamžité změny
  - **Detektory** – organismy vyskytující se přirozeně a reagují na změnu prostředí
  - **Exploatátory** (vykořisťovatelé) – organismy, jejichž přítomnost indikuje narušení a znečištění prostředí
  - **Akumulátory** – organismy, které přijímají a hromadí škodlivé látky z prostředí

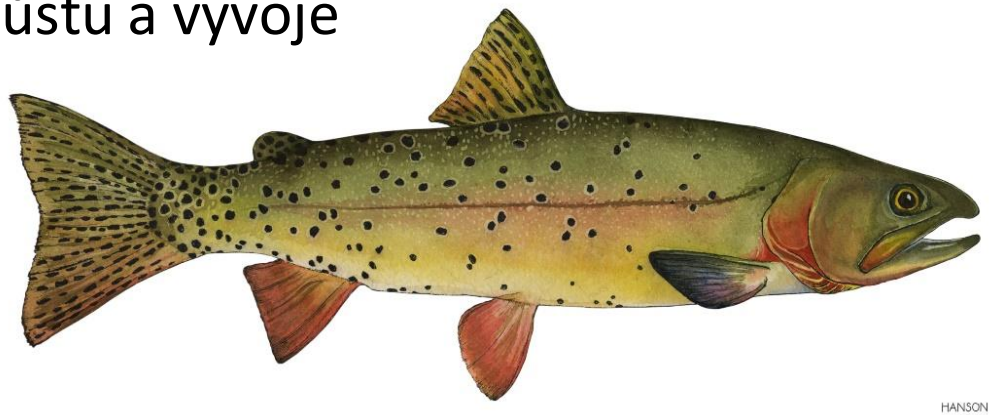
Co může být vhodným bioindikátorem?

- Biotické a abiotické podmínky prostředí se liší, stejně tak se liší druhy v toleranci ke změnám (vybočení z optima)
- Nejlepšími bioindikátory jsou **organismy (druhy)** se střední mírou tolerance ke změnám prostředí (citlivost vůči změnám *x* odolnost vůči výkyvům a obecným biotickým změnám)
- Bioindikátorem může ale být i **celé společenstvo**, které zahrnuje celou škálu typů environmentální tolerance → více zdrojů dat pro posouzení stavu prostředí
  - Biotické indexy
  - „Multimetrický“ přístup (abundance, diverzita, míra tolerance, …)



Co může být vhodným bioindikátorem?

- **<u>Biologické procesy</u>** – např. termální tolerance pstruha žlutohrdlého (*Oncorhynchus clarkii*) využívána jako indikátor teploty vody, resp. k hodnocení míry antropogenních disturbancí v daném ekosystému – měření HSP (heat shock proteins) v tělech jednotlivců
  - krátkodobá expozice;
  - behaviorální a fyziologické změny – změna růstu a vývoje
  - lokální extinkce – dlouhodobá expozice



Bioindikace a biomonitoring

- **Bioindikace:** metoda používaná k získání rychlé biologické informace s minimální časovou prodlevou
- **Biomonitoring:** použití živých organismů k získání kvantitativních a kvalitativních informací o určitých charakteristikách biosféry
- **Biomonitoring:** dlouhodobé a systematické sledování vývoje nebo prostorového rozložení bioindikačních znaků
- **Bioindikátory:** organismy nebo společenstva organismů, jejichž životní funkce jsou korelovány s faktorem prostředí tak těsně, že mohou sloužit jako jejich ukazatele
- <u>3 hlavní funkce bioindikátorů:</u>
  - Monitoring životního prostředí (fyzikální a/nebo chemické změny)
  - Monitoring ekologických procesů
  - Monitoring biodiverzity

Kritéria vhodného bioindikátoru

- Nelze vybrat jeden organismus, který bude schopen indikovat všechny typy disturbancí či stresu v každém typu prostředí
- Napříč geografickými oblastmi, typy indikovaných disturbancí, životního prostředí či používaných organismů, dobré bioindikátory sdílejí tyto hlavní znaky:

1. **Dobrá schopnost indikace**
   - Poskytuje měřitelnou odpověď (senzitivní vůči disturbancím nebo stresu, ale ne příliš)
   - Jeho odpověď reflektuje odpověď celé populace/společenstva/ekosystému
   - Reaguje úměrně stupni degradace nebo kontaminace

Kritéria vhodného bioindikátoru

2. Početnost a rozšířenost

- Přiměřená hustota místní populace (vzácné druhy nejsou optimální)
- Běžný, s ohledem na rozšíření v zájmové oblasti
- Relativně stabilní i přes mírnou proměnlivost klimatu a prostředí

3. Prostudovanost

- Se známou ekologií a životní historií
- Taxonomicky dobře známý a stabilně zakotvený (v systému)
- Sbíratelný/zkoumatelný jednoduše a nenákladně

4. Ekonomický význam

- Druh se již využívá pro jiný účel
- Veřejný zájem / popularita druhu

Deštníkový druh (*umbrella species*)

- živočišný či rostlinný druh, **jehož ochrana zastřešuje ochranu celého souboru dalších druhů či společenstva**
  - musí existovat statisticky významná pozitivní korelace mezi výskytem deštníkového druhu a výskytem druhů, které se pod jeho deštník mají skrýt
  - musejí být dobře známy biotopové nároky deštníkového druhu, protože na nich je postaven management lokalit s jeho výskytem
  - musí být atraktivní pro veřejnost

Modrásek černoskvrnný (*Maculinea arion*) deštníkový druh pro valašské ovčí pasínky (ochrana saranče vrzavé a desítek druhů denních motýlů)

Hnědásek osikový (*Euphydryas maturna)* deštníkový druh pro světlé nížinné lesy (důkaz šetrného lesního hospodaření)

Sysel obecný (*Spermophilus citellus)*

deštníkový druh mozaikovité zemědělské krajiny (ochrana zlatohlávka skvostného, roháče obecného…)

Rýhonosec *Pseudocleonus cinereus*
- Okraje vinohradů a polních cest

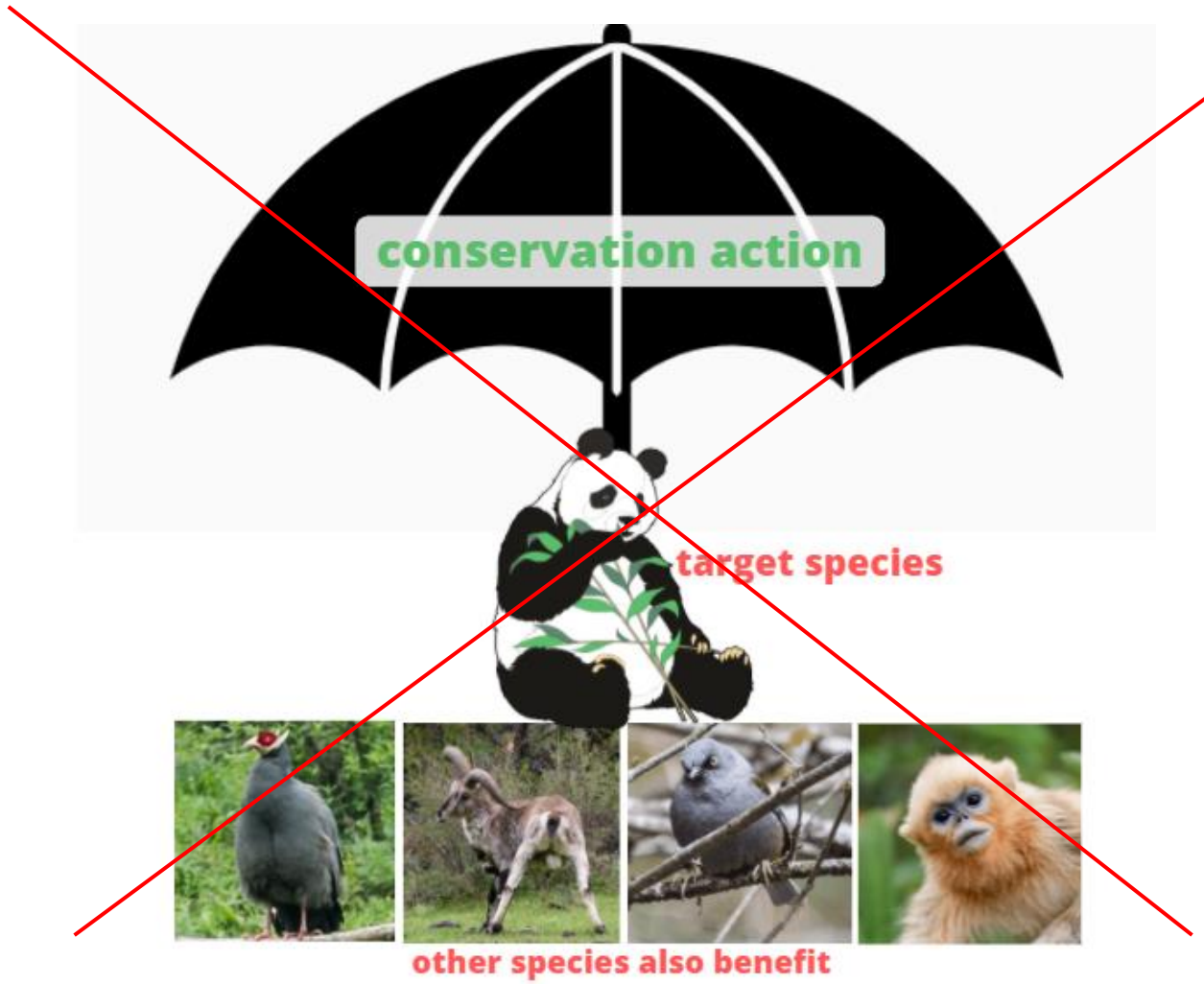
Stepní vegetace s třešní křovitou, obklopena vinicemi

Soumračník slézový
- Pestrá stepní stanoviště, okraje polních cest

Kriticky ohrožený listovník trávový (lesní trávníky a lesostepi)

Silně ohrožený modřenec hroznatý (okopávané a naorávané vinice a sady)

Deštníkový druh (*umbrella species*)



Koncept populární ve 2. polovině 20. století, nyní se od něj upouští – ochrana celých společenstev a ekosystémů, komplexně

VLAJKOVÝ DRUH: populární a veřejností oblíbený, často spojován s důležitou kulturní hodnotou
- Propagace ochrany přírody daného území

https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/z-ochrany-pand-neplyne-pro-dalsi-selmy-v-rezervacich-zadny-uzitek

Výhody využití bioindikátorů

Oproti tradičním metodám (měření chemických/fyzikálních charakteristik prostředí – teploty, salinity, obsahu živin, polutantů, světla, rozp. kyslíku apod.)

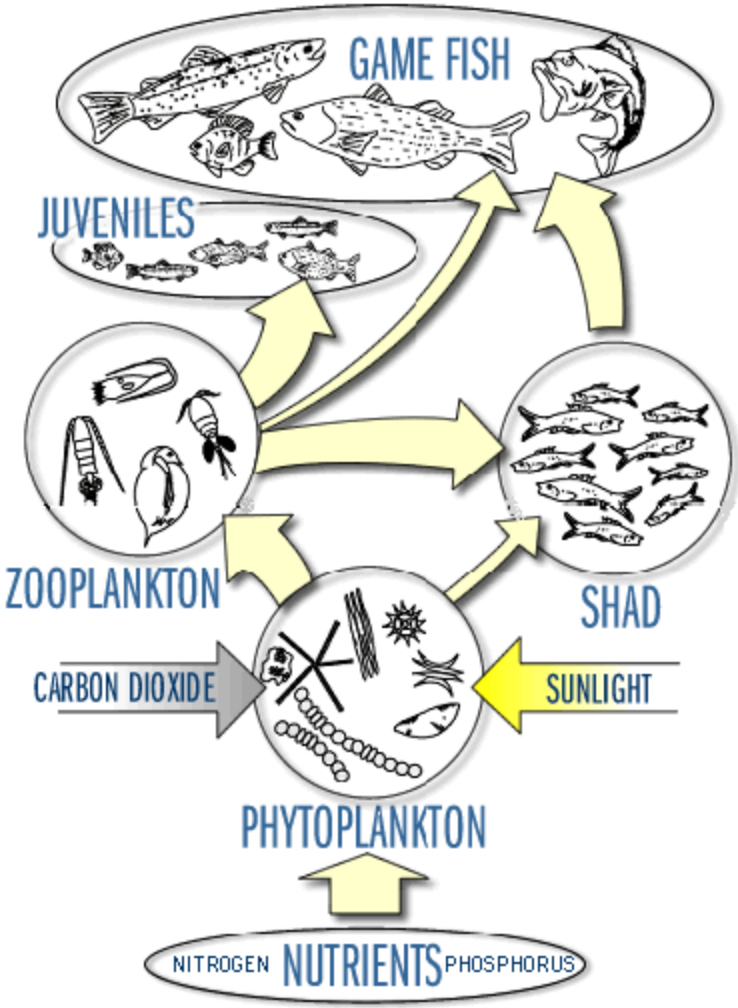
- posouzení **kumulativních dopadů** jak chemických znečišťujících látek, tak změn stanovišť **v průběhu času**
  - přidávají časovou složku odpovídající délce života nebo době pobytu organismu v konkrétním systému, což umožňuje zohlednění současných, minulých nebo budoucích podmínek prostředí

- Náklady na chemické analýzy jsou často vysoké, zejména při nízkých koncentracích polutantů
- rozsah tolerance bioindikátorů poskytuje obrázek o **biologicky smysluplných úrovních polutantů**

Výhody využití bioindikátorů

Oproti tradičním metodám (měření fyzikálních charakteristik prostředí – teploty, salinity, obsahu živin, polutantů, světla, rozp. kyslíku apod.)

- schopnost indikovat **nepřímé biotické účinky znečišťujících látek** (např. bioakumulace – kovy kumulující se v tělech organismů směrem k vyšším trofickým úrovním)
- Mnoho látek a faktorů, které je potřeba monitorovat – **biota je nejlepším prediktorem reakce ekosystémů na disturbance/stres**
- U diverzifikovaných biotopů (např. tropické pralesy) neodrážejí fyzikální/chemická měření komplikovanost systému (interakce faktorů), bioindikátory ano



Problémy spojené s využitím bioindikátorů

- **Přirozená variabilita *vs*. antropogenní změny** – omezená možnost využití bioindikátorů v heterogenním prostředí
  - Populace indikátorových druhů mohou být ovlivněny jinými faktory (např. nemoc, parazitismus, konkurence, predace)
- Indikátorová schopnost organismů je **závislá na měřítku**
  - např. velcí obratlovci nemusí indikovat změny hmyzích společenstev, apod.
- Biotopové požadavky bioindikátorů se nemusí shodovat (a neshodují) s ostatními druhy v ekosystému
  - selhání ochrany vzácných druhů
- Použití jednoho druhu (nebo malé skupiny druhů) k posouzení kvality prostředí (či změny v čase) může představovat **hrubé zjednodušení složitého systému**

Výhody vs. nevýhody – shrnutí

- Výhody využití bioindikátorů **jasně převažují jejich omezení**
- Využití od buněčné až po ekosystémovou úroveň, k hodnocení stavu konkrétního ekosystému
- Shromažďují informace o biologických, fyzikálních a chemických složkách prostředí, které se projevují jako změny individuální fitness, hustoty populace, složení společenstva a ekosystémových procesů
- Z pohledu **managementu** bioindikátory informují o našich aktivitách ohledně toho, co je a co není biologicky udržitelné

Řasy a sinice jako bioindikátory

- Reagují velice rychle na změnu chemického složení vodního toku či nádrže
- Odrážejí míru eutrofizace (proces obohacování vod o živiny, zejména dusík a fosfor) → změny složení řasové flóry
- Eutrofizace: přirozená (výplach živin z půdy a rozklad mrtvých organismů) *vs.* nepřirozená (antropogenní)

Zařazení v systému:

Doména: Bacteria (bakterie)
Kmen: Cyanobacteria (sinice)
Třída: Cyanophycae (sinice)

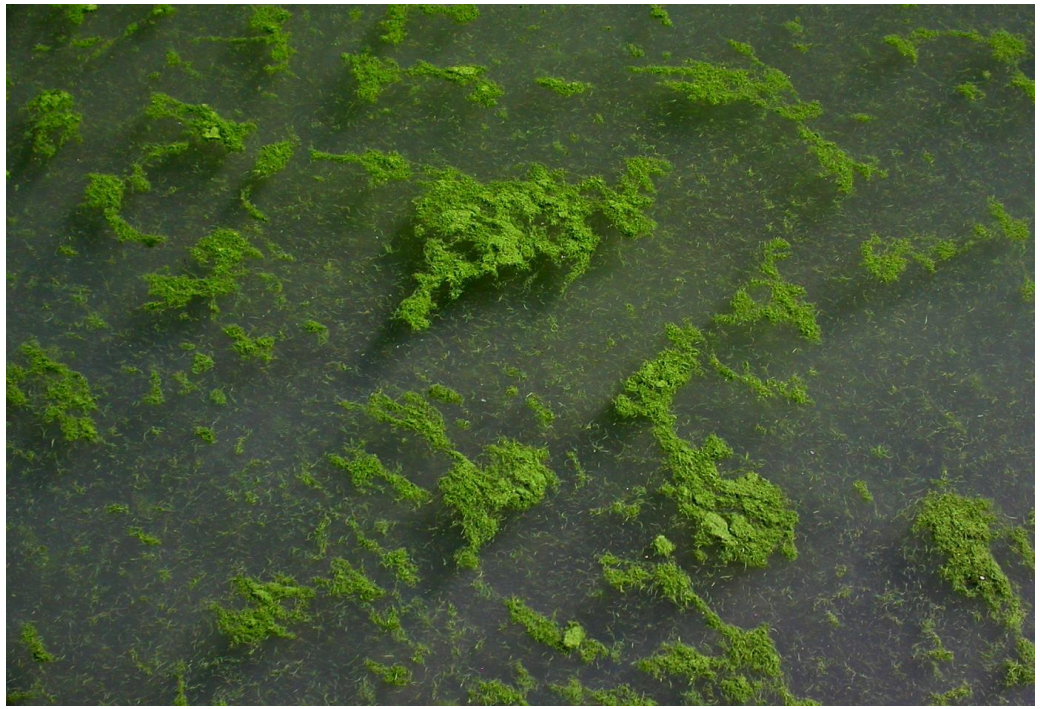
Řasy: seskupení nepříbuzných skupin organismů
Autotrofní fotosyntetizující organismy vyjma vyšších rostlin

Řasy a sinice jako bioindikátory

Anabena flos-aquae – vodní květ, znečištění

Aphanizomenon flos-aquae – vodní květ, znečištění

Aphanizomenon flos-aquae
kolonie podobné kouskům trávy nebo modřínovému jehličí



Řasy a sinice jako bioindikátory

Microcystis aerguinosa –
vodní květ, znečištění

Homogenní zákal v celém objemu
drobné řasy (Chlorophyceae)

Lišejníky jako bioindikátory

- Podvojný organismus (mykobiont – houba, fotobiont – řasa či sinice), ne mutualismus v klasickém smyslu – specifický lichenismus
- Obě složky v ideální rovnováze → i malá změna může vést k úhynu
- **Odolné vůči klimatickým extrémům** (sucho, nadmořská výška, vysoký obsah dusíku, …)
- Většina lišejníků **vysoce citlivá ke znečištění ŽP** (kyselé deště, nadměrná depozice prachu, polutanty)
- **Stélka nemá kutikulu** → snadné pronikání látek z ŽP (neregulovaný příjem vody povrchem – není půdní filtrace)
- **Pomalý, ale nepřetržitý růst** – nepřetržitý monitoring
- **Dlouhověkost** – desítky až stovky let → dlouhodobá akumulace škodlivin
- **Levný sampling** – stačí zkušený lichenolog monitorující společenstvo lišejníků

Lišejníky jako bioindikátory

- **Zařazení v systému:**

Why is lichen important?

Lobaria pulmonaria

Říše: Fungi (lichenizované houby)

Podříše: Dikarya (jakožto lišejníky netvoří společně žádnou přirozenou skupinu)

Oddělení: Ascomycota (vřeckovýtrusé, 98 %), příp. Basidiomycota (stopkovýtrusé)

- **Lišejníky a toxiny:**
  - Vysoce citlivé k SO_2 – již malé koncentrace způsobují změny chloroplastů a trvalou plazmolýzu buněk
    - Destrukce chlorofylu v řase – porušení symbiózy (cukry z fotosyntézy jsou pro houbového partnera nenahraditelné)
    - Tolerance vůči SO_2 se liší – např. důlkatec plicní (*Lobaria pulmonaria*) hyne již při malých koncentracích
  - Citlivé vůči expozici fluoru (úhyn – lišejníkové pouště, deformace stélky)
  - Citlivé k expozici ozonu
  - Citlivé k obsahu kovů v půdě

Lišejníky jako bioindikátory

- Nejčastěji využívány epifytické druhy (standardizace substrátu – eliminace vnějších vlivů)
- Standardizovaná metoda využití lišejníků jako bioindikátorů (1970, širší spektrum lišejníků)
- Kvantitativní (měření lišejníkové vegetace, modelování) vs. kvalitativní (druhové zastoupení, stav) metody
- Indexy hodnotící celé společenstvo (IAP (Index of Atmospheric Purity), LDV (Lichen Diversity Value))
- Zkoumání *in situ* vs. metoda transplantace (přenesení na zájmové území a sledování přežívání)
- Sledování fyziologického stavu lišejníků (intenzity fotosyntézy, dýchání nebo čisté produkce, stanovení obsahu chlorofylu, pH a vodivosti vodního výluhu lišejníkové stélky)
- Morfologicko-anatomické metody (fotograficky viditelné změny odumírajících stélek)

Lišejníky jako bioindikátory

Tolerance ke znečištění SO_2

- *Buellia punctata* (buelie tečkovaná)
- Tolerantní druh

- *Parmelia sulcata* (terčovka brázditá)
- Málo citlivá

Lišejníky jako bioindikátory

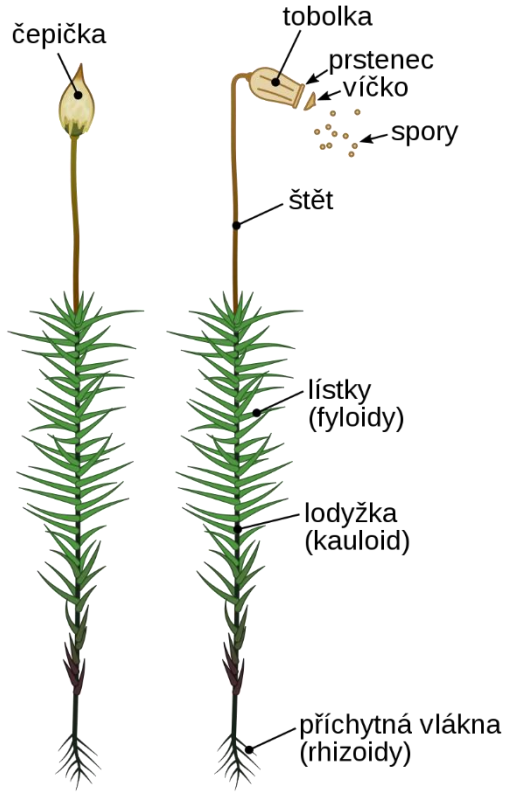
Tolerance ke znečištění SO_2

- *Evernia prunastri* (větvičník slívový)
- Středně citlivý

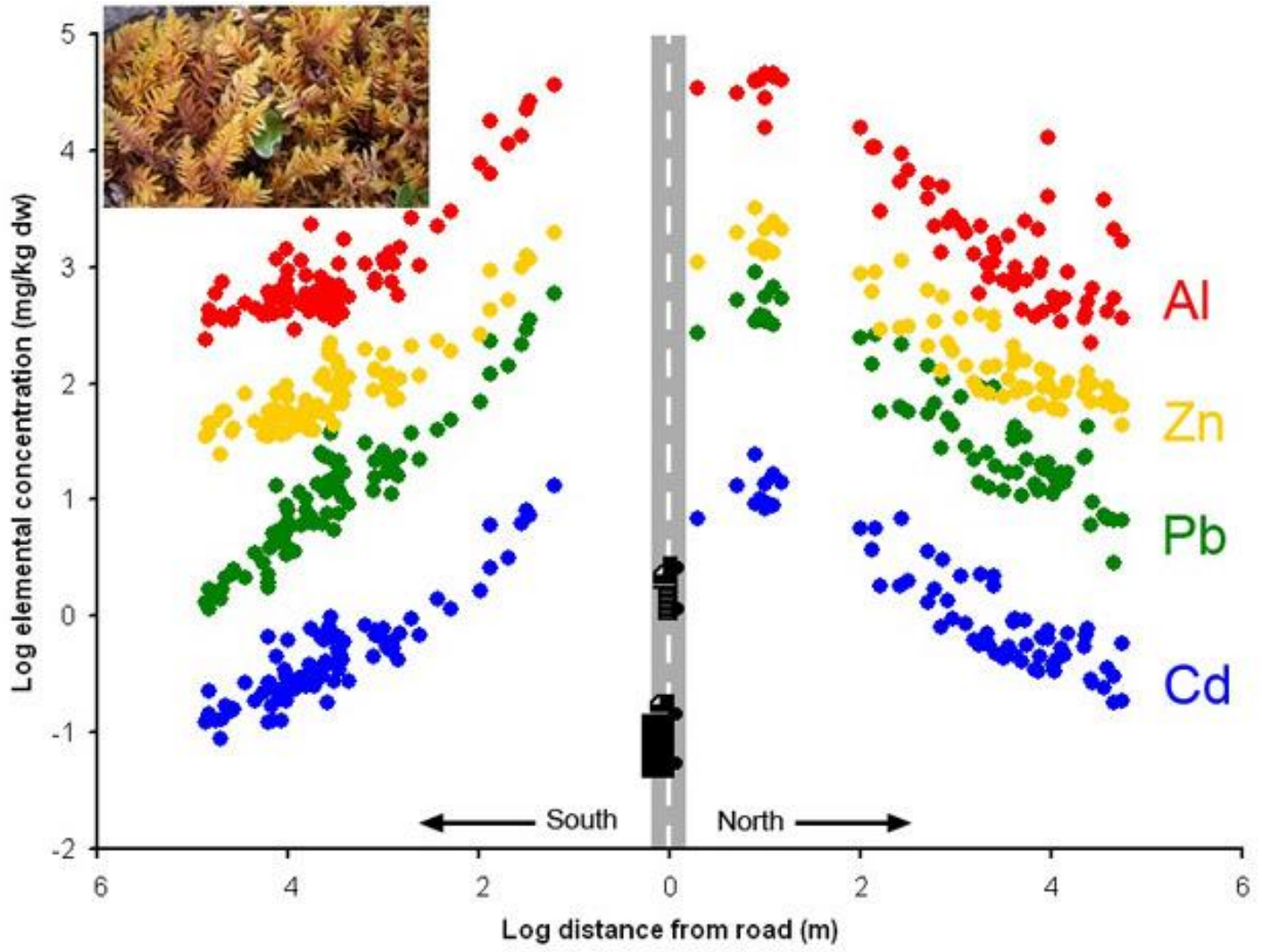
- *Usnea filipendula (provazovka obecná)*
- Velmi citlivý

Mechorosty jako bioindikátory

- Mechorosty nemají kořeny → není filtrace půdou → korelace obsahu látek v atmosféře a v pletivech
- Při známé účinnosti mechu přijímat prvky z atmosférické depozice lze na základě obsahu prvku v mechu a znalosti ročního přírůstku biomasy odhadnout i absolutní hodnoty průměrného spadu prvků
- živé části mechu jsou max. tříleté → analýza příslušných koncových segmentů lodyžek → průměrné jedno, dvou nebo tříleté úrovně spadu prvků v místě růstu
- **Celoevropský biomonitoring** (např. UN/ECE ICP-Vegetation). Od 1990/1991 v pětiletých cyklech v ČR biomonitoring aktuální úrovně atmosférické depozice prvků → obsah prvku v mechu násobený příslušným koeficientem → odhad průměrné roční depozice daného prvku v místě růstu analyzovaného mechu



Mechorosty jako bioindikátory



Vztah mezi koncentrací kovů v pletivech mechů a vzdáleností od hlavní silnice (Aljaška, USA)

Mechorosty jako bioindikátory

- Kromě kovů citlivé vůči oxidům síry, dusíku a halogenovodíkům (látky znečišťující ovzduší)
- Nejcitlivější k tomuto typu znečištění jsou epifyty – játrovky čeledi rožeňkovitých (Lejeuneaceae) a kovancovitých (Frullaniaceae) a mechy z čeledi šurpkovitých (Orthotrichaceae)
- 2. pol. 20. st. drastický ústup epifytických druhů, zejm. S a Z pohraničí; posledních 10–20 let postupný návrat

Orthotrichum patens (šurpek otevřený)

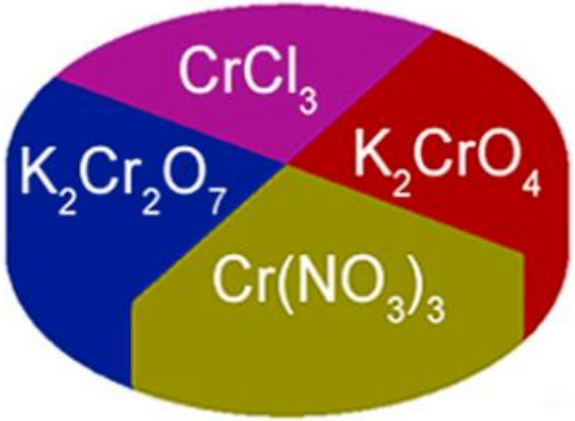
Játrovka z čeledi rožeňkovitých

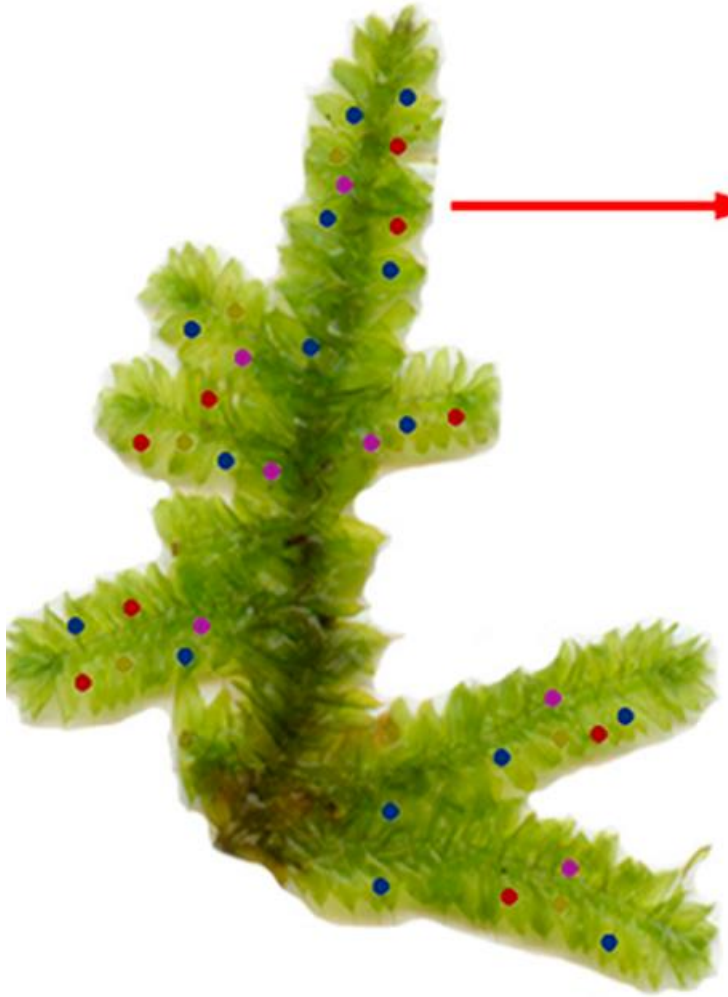
Játrovka z čeledi kovancovitých

Zařazení do systému:

Říše: Plantae
Nadoddělení: Bryophyta *sensu lato*
Oddělení: Marchantiophyta (játrovky)

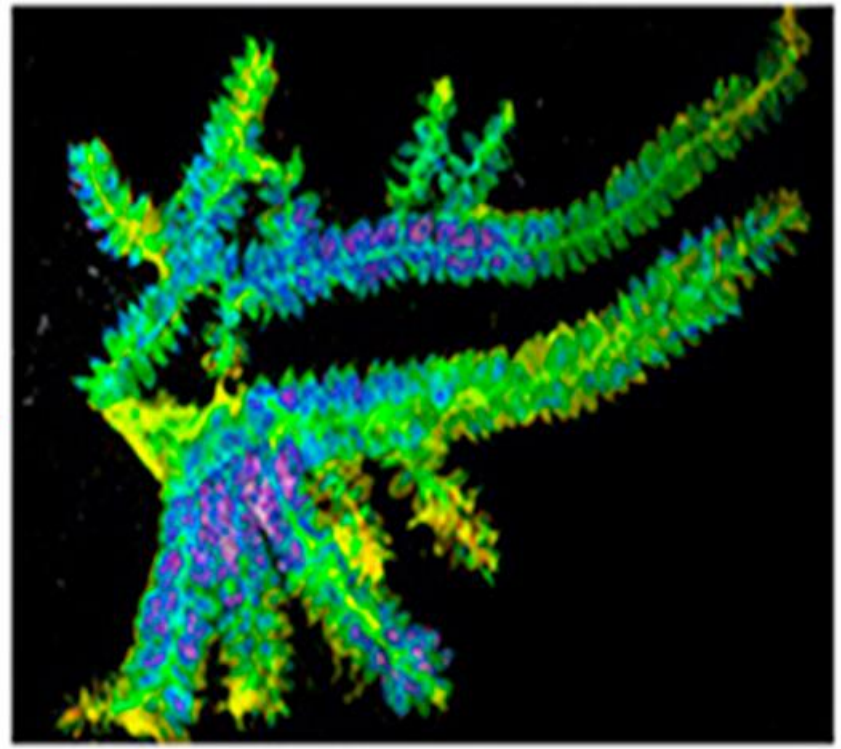
Říše: Plantae
Nadoddělení: Bryophyta *sensu lato*
Oddělení: Bryophyta (mechy)

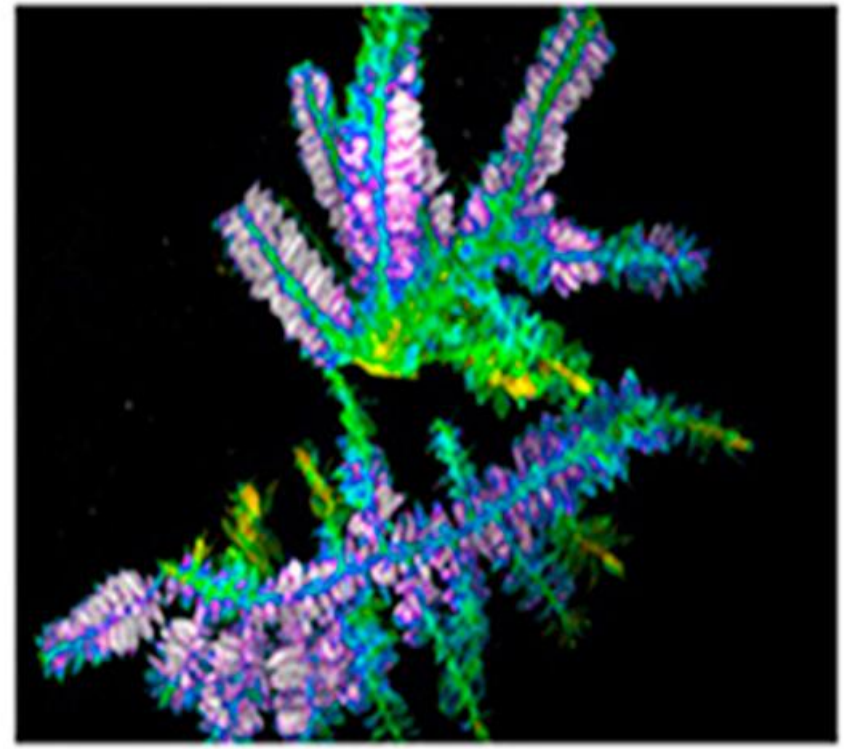




Cr(III)

Cr(VI)





Chl fluorescence

Low Cr

High Cr

Houby jako bioindikátory

- Těžké kovy a radioaktivní látky

A) Saprofytické houby

- Živí se látkami z odumřelých těl rostlin a živočichů
- Velmi citlivé na přítomnost těžkých kovů (Cu, Pb, Hg, Cd, …)
- Těžké kovy se vážou na povrch houbových vláken, ale i v buňkách
- Význam má pH prostředí, vlhkost a geologický podklad
- Obsah těžkých kovů vyšší v klobouku než ve třeni

B) „Kloboukaté“ houby

- nejbohatším zdrojem As, Cu – bedla vysoká (*Macrolepia procera)* , a holubinky (*Russula* spp.*)*
- Cd – muchomůrka růžovka (*Amanita rubescens)*
- Cr – hřib smrkový (*Boletus edulis)*, suchohřib hnědý (*Xerocormus badius)*
- Hg - hřib smrkový (*Boletus edulis),* muchomůrka růžovka (*Amanita rubescens)*
- Zn - holubinky (*Russula* spp.*)*
- Ni, Pb, Mn – lištička pomerančová (*Hygrophoropsis aurantiaca)*

Bedla vysoká – As, Cu

Holubinky – As, Cu, Zn

Hřib smrkový – Cr, Hg

Muchomůrka růžovka – Cd, Hg

lištička pomerančová – Ni, Pb, Mn

Suchohřib hnědý – Cr

Zařazení do systému:

Říše: Fungi

Oddělení: Basidiomycota (stopkovýtrusné houby)

Klouzek kravský (velmi citlivý ke znečištění ovzduší)

Houby jako bioindikátory

C) Dřevokazné houby

- mají obsah těžkých kovů je v plodnicích nižší a homogennější (existence přirozených bariér – půda--kořeny, dřevo--mycelium)
- Indikátory přirozenosti lesa
- Lze použít jako bioindikátory i ve velmi znečištěných oblastech (tolerují SO_x a NO_x)
- Laboratoř biochemie dřevokazných hub (Mikrobiologický ústav AVČR): dlouhodobé sledování Šumava a Praha (obsah kovů v plodnicích dřevokazných hub):
  - troudnatec pásovaný (*Fomitopsis pinicola)*
  - síťkovec dubový (*Dadalea quercina)*
  - pevník chlupatý (*Stereum hirsutum)*
  - ucho jidášovo (*Hirneola auricula – judae)*
  - klanolístka obecná (*Schizophyllum commune)*
  - v 80. letech v těchto druzích objeveno velké množství radionuklidů (Cs, Pb) z místní automobilové dopravy, a Cd, Al, Cu, Be (spalování minerálních olejů, odpadů a nekvalitního uhlí)

Troudnatec pásovaný

Síťkovec dubový

Pevník chlupatý

Klanolístka obecná

Ucho jidášovo

Zařazení do systému:

Říše: Fungi (houby)
Oddělení: Basidiomycota (stopkovýtrusné)

Cévnaté rostliny jako bioindikátory

- Jsou snadno určitelné, viditelné a díky své nepohyblivosti mají stálé stanoviště
- Podle místa výskytu a celkového stavu rostliny lze určit např. složení půdy a přibližný obsah látek v ní obsažený, znečištění ovzduší či vývoj osídlení
- Rostlinné biologické testy často citlivější než jiné dostupné systémy
- druhy mimořádně odolné fungují jako akumulátory (tj. rostliny, které hromadí velké množství škodlivin, aniž by byly poškozovány)
- Sledují se koncentrace PCB (polychlorované bifenyly), PAH (polycyklické aromatické uhlovodíky), rizikové prvky, chloridy, dusičnany, dusitany a močovina
- vyhodnocovány transfery mezi jednotlivými složkami životního prostředí a mezi jednotlivými články potravních řetězců biotických indikačních systémů

Zařazení do systému:
Říše: Plantae (rostliny)
Podříše: Tracheophyta (cévnaté rostliny)
(Oddělení: Magnoliophyta (krytosemenné rostliny))

Petunie, indikátor znečištění oxidy dusíku a fytogenním smogem (peroxiacetylnitrát, ozón)

Cévnaté rostliny jako bioindikátory

A) Rostliny kulturní

- Mají vztah k příslušným lokalitám – hodnocení úrovně znečištění běžných ekosystémů
- Zejména košťálová zelenina (zelí), ale také kukuřice, pšenice, hrách…

Tabulka 3: Příjem toxických prvků z půdu některými rostlinami[11]

Rostlina	As	Cd	Pb
hlávkový salát	-	vysoký	vysoký
špenát	nízký	vysoký	vysoký
hrách	nízký	střední	nízký
ředkev	střední	nízký	vysoký
hlávkové zelí	vysoký	střední	nízký
kukuřice	střední	střední	nízký
oves	vysoký	nízký	nízký
pšenice	vysoký	nízký	nízký

B) Travní porosty

- jako součást potravního řetězce

Cévnaté rostliny jako bioindikátory

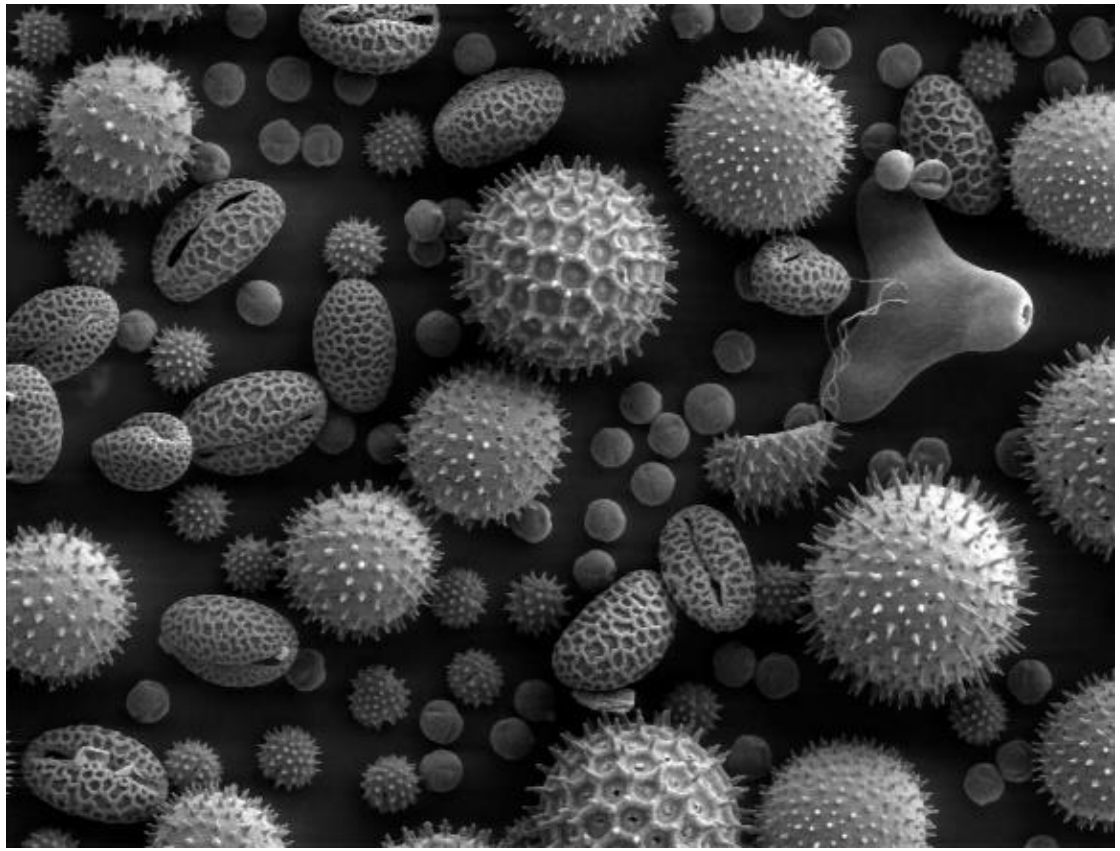
C) Rostliny rumištní

- Hodnocení starých zátěží
- Stanoviště ovlivněná lidskou činností (znečištění, extrémní teploty, sešlapávání, nedostatek vody, zvýšený obsah chemických látek, zejm. N)
- Kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*)
- rmen rolní (*Anthemis arvensis*)
- svlačec rolní (*Convolvulus arvensis*)
- lebeda rozkladitá (*Atriplex patula*) (skládky)

Cévnaté rostliny jako bioindikátory

D) Pyl

- Odolnost a variabilita – indikátor změn prostředí na dlouhodobé bázi (palynologie)
- K základním složkám plástového pylu patří voda, celulóza, cukry, sporopolenin, bílkoviny a lipidy.
- S jejich obsahem souvisí akumulace PCB (polychlorované bifenyly)
- vhodný pro monitoring kontaminace lokality o ploše asi 70 km^2
- Díky neustálé tvorbě nového pylu je tato matrice schopna zachytit akutní kontaminaci dané lokality PCB



Cévnaté rostliny jako bioindikátory

E) Jehličí

- obsahuje poměrně silnou vrstvu epikutikulárního vosku → shromažďování stopových množství organických polutantů
- Indikace imisní zátěže je poměrně rychlá, celoroční sledování

Cévnaté rostliny jako bioindikátory

Indikace zvýšeného obsahu dusíku v půdě

Kopřiva dvoudomá

Bez černý

Cévnaté rostliny jako bioindikátory

Indikace sešlapávaných půd

Jitrocel větší

Jílek vytrvalý

Cévnaté rostliny jako bioindikátory

Indikace čistých podzemních a pramenitých vod

Skřípina lesní

Řeřišnice hořká

Bezobratlí jako bioindikátory
Půda

- Půdní bezobratlí – hojní, rychlé vzorkování, reagují na narušení půdy a struktury stanovišť
  - Žížala obecná (*Lumbricus terrestris*)
    - Bioakumulace těžkých kovů (Cd, Pb)
    - Průchod půdy trávicím traktem, pokožka v neustálém kontaktu s půdou
    - Tvoří 60 – 80 % celkové půdní biomasy
    - Důležitá součást potravního řetězce (ptáci, savci)

Zařazení do systému:
Říše: Animalia (živočichové)
Kmen: Annelida (kroužkovci)
Podkmen: Clitellata (opaskovci)
Třída: Oligochaeta (máloštětinatci)

Bezobratlí jako bioindikátory

Voda

A) Ploštěnci

- Indikátory čistých tekoucích vod, pod kameny

Ploštěnka potoční (*Dugesia gonocephala*)
potoky, řeky

Říše: Animalia (živočichové)
Kmen: Platyhelminthes (ploštěnci)

Ploštěnka horská (*Crenobia alpina*)
prameniště

Pít nebo nepít?

Ploštěnka *Crenobia alpina*

Pít!
delicious

Bezobratlí jako bioindikátory

Voda

B) Kroužkovci

Nitěnka obecná (*Tubifex tubifex*) – indikátor vod silně znečištěných organickými látkami

Zařazení do systému:
Říše: Animalia (živočichové)
Kmen: Annelida (kroužkovci)
Podkmen: Clitellata (opaskovci)
Třída: Oligochaeta (máloštětinatci)

Bezobratlí jako bioindikátory

Voda

Zařazení do systému:
Říše: Animalia (živočichové)
Kmen: Arthropoda (členovci)
Podkmen: Branchiata (žabernatí)
Třída: Crustacea (korýši)

C) Korýši – indikátory čistých vod

Blešivec potoční (*Gammarus fossarum*) – povrchové tekoucí vody (potoky, prameniště)

Blešivec studniční (*Niphargus aquilex*) – podzemní vody, studny

Bezobratlí jako bioindikátory
Voda

D) Hmyz

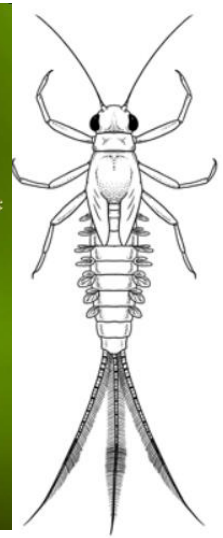
- **Skupina EPT** (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) – **jepice, pošvatky, chrostíci**
  - Indikátory čistých a dobře okysličených vod
  - Jepičí pásma (druhy seřazeny podle tolerance k antropogenním disturbancím)
  - Indexy založené na zastoupení druhů jednotlivých taxonů
- **Vážky**
  - Druhy přirozených (zachovalých) stanovišť / druhy pozměněných, degradovaných stanovišť
  - Indikují jak změny vodního, tak i terestrického prostředí
  - Lze sbírat jako dospělce

Zařazení do systému:
Říše: Animalia (živočichové)
Kmen: Arthropoda (členovci)
Podkmen: Hexapoda (šestinozí)
Třída: Insecta (hmyz)

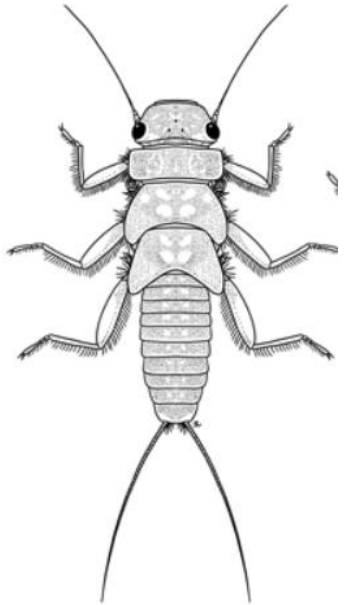
Bezobratlí jako bioindikátory

Voda

Jepice (Ephemeroptera)



Skupina EPT

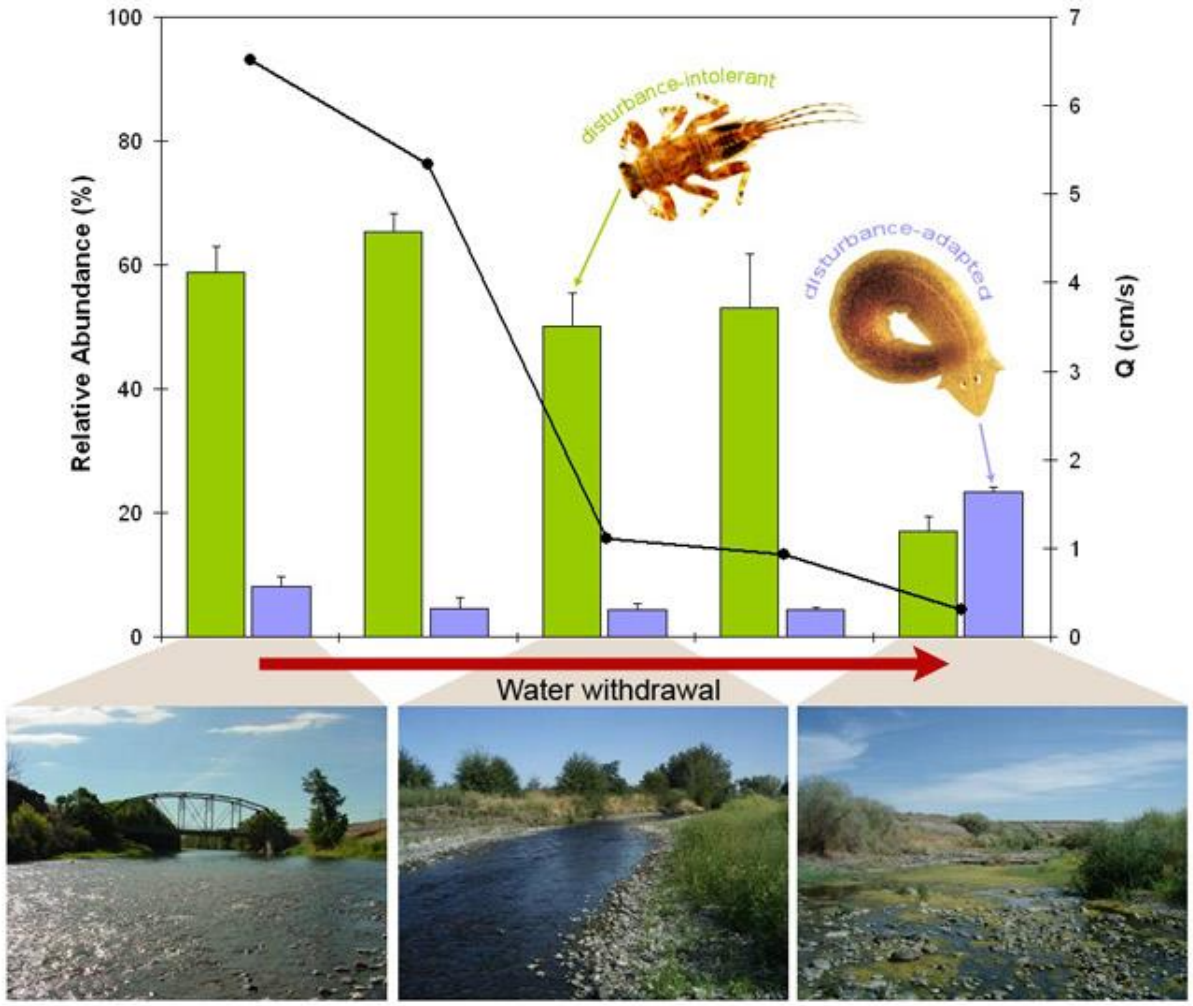


Pošvatky (Plecoptera)

Chrostíci (Trichoptera)

Bezobratlí jako bioindikátory

Voda

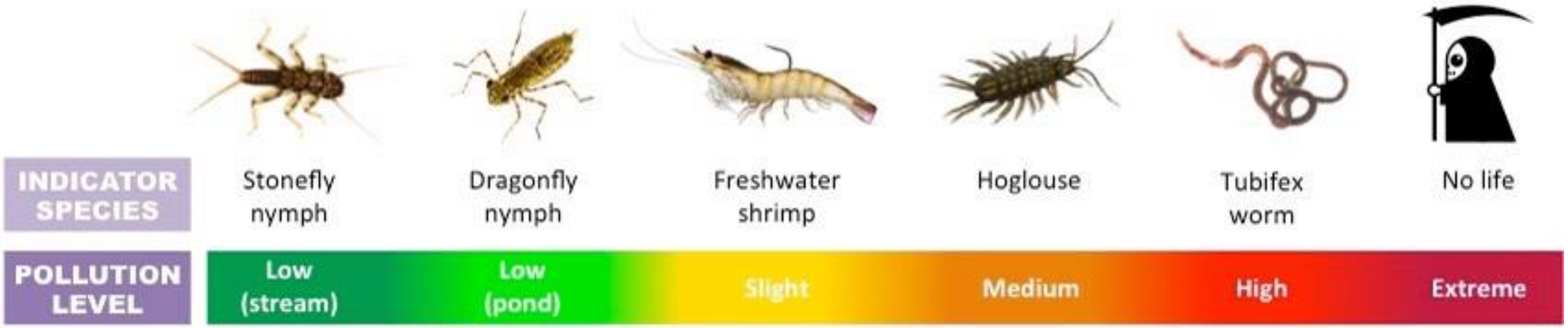


Posun ve složení společenstev bezobratlých v závislosti na antropogenním zatížení (snižování průtoku)

Zeleně – taxony citlivé k antropogenním disturbancím (EPT)
Modře – taxony tolerující antropogenní disturbance (jiné než hmyz)

Bezobratlí jako bioindikátory

Voda



Vážky jako bioindikátory

Proč jsou vážky ideálními bioindikátory?

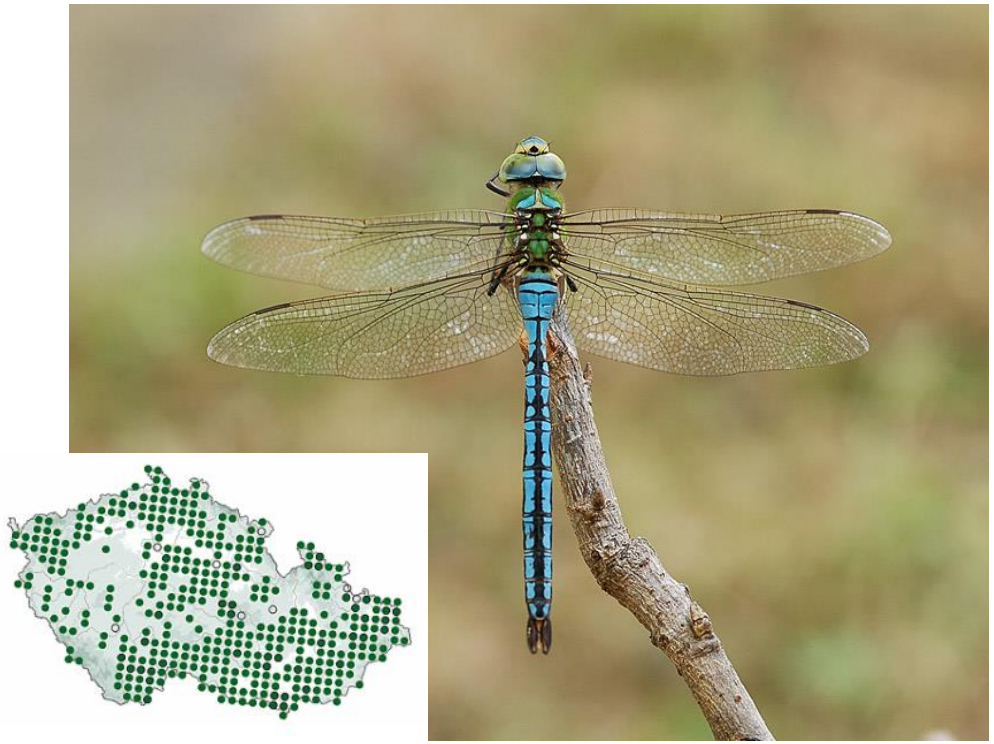
- Obojživelný způsob života (larvy vodní, dospělci terestričtí)
- Vysoce citlivé na změny vodního i terestrického prostředí – reagují změnami abundance a druhového složení
- Známá a vyřešená taxonomie
- Biotopy snadno lokalizovatelné
- Relativně dlouhověké
- Dospělci nápadní, denní aktivita
- Biotopové nároky dobře známé
- Neinvazivní metody sběru

⇒ **Informace o kvalitě biotopu a o stavu hůře sbíratelných taxonů (např. vodních)**

Vážky jako bioindikátory

- **Biotický index (Dragonfly Biotic Index, DBI)**
  - spojuje 3 subindexy – rozšíření, riziko vyhynutí, citlivost ke změnám prostředí, každý nabývá hodnoty 0–3
  - Celkem tedy DBI daného druhu nabývá hodnot 0–9
  - **DBI = 0** mají druhy široce rozšířené, **generalisté**, tolerantní ke změnám prostředí (0 + 0 + 0)
  - **DBI = 9** mají vzácné druhy, citlivé ke změnám prostředí, **specialisté** (3 + 3 + 3)
  - Pomocí indexu lze porovnat sladkovodní biotopy z hlediska zachovalosti nebo sledovat dlouhodobé změny (celkový součet DBI všech druhů na lokalitě vážený počtem druhů)

Vážky jako bioindikátory - DBI



Šídlo královské (*Anax imperator*)

DBI = 0, široce rozšířený druh, všechny typy stojatých vod

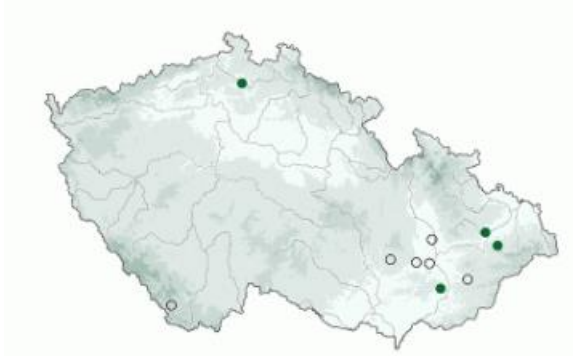
Šídlatka páskovaná (*Lestes sponsa*)

DBI = 0, široce rozšířený druh, všechny typy stojatých vod

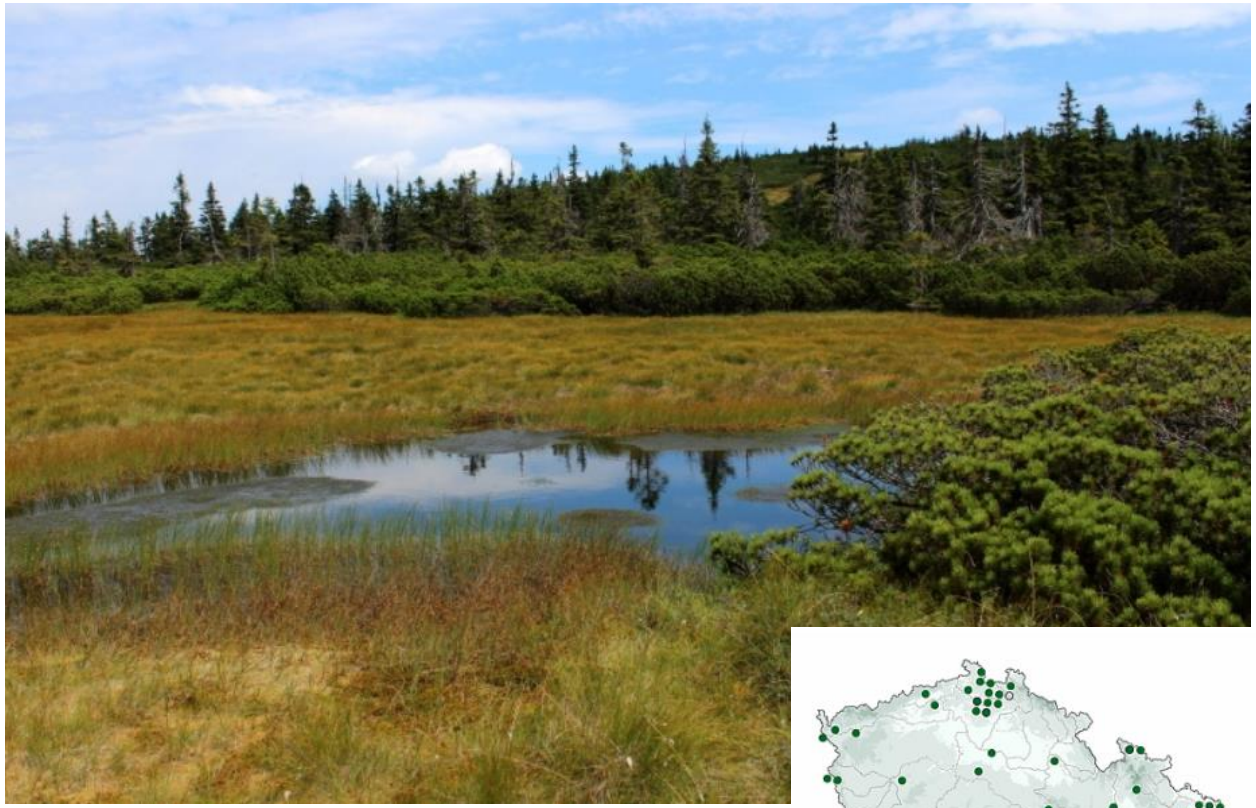
Vážky jako bioindikátory

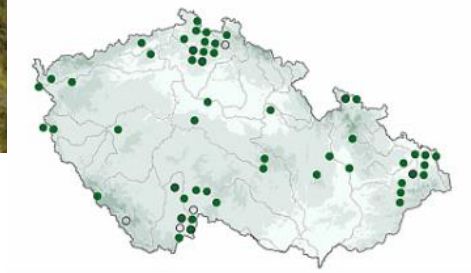
Šídlatka velkoskvrnná (*Lestes macrostigma*)

DBI = 8, indikátor zasolených stanovišť



Vážky jako bioindikátory





Vážka temnoskvrnná (*Leucorrhinia rubicunda*)

DBI = 8, rašelinné biotopy

Vážky jako bioindikátory

Šídlo horské (*Aeshna caerulea*)

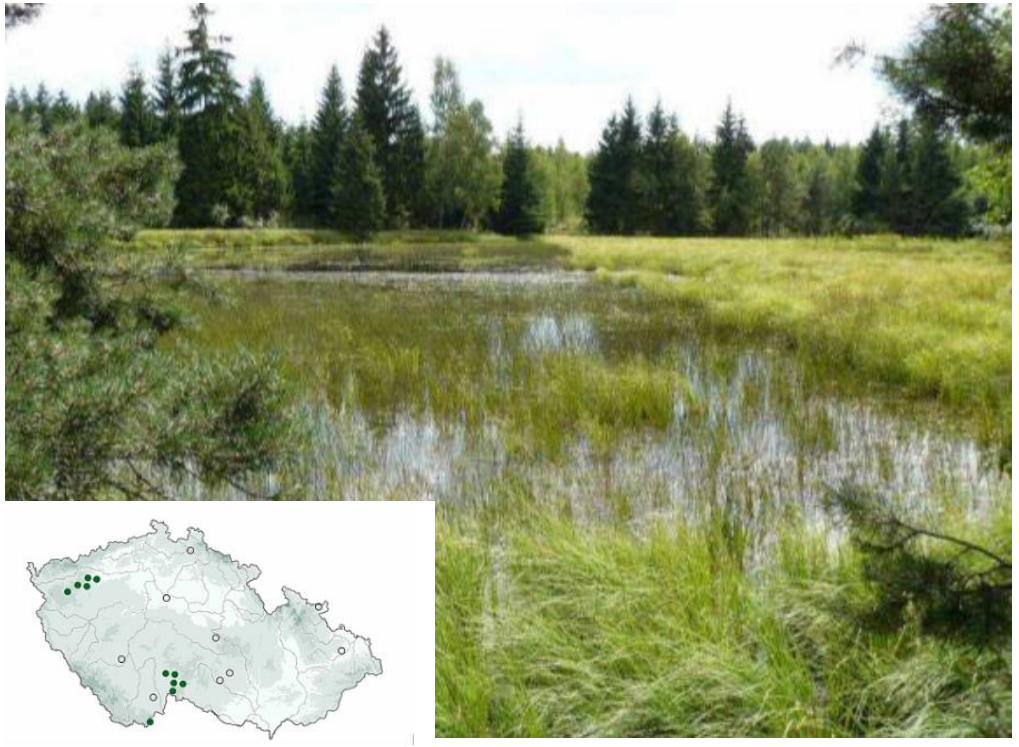
DBI = 9, horská vrchoviště Krkonoš, Šumavy, glaciální relikt

Vážky jako bioindikátory

Šidélko lesklé (*Nehalennia speciosa*)

DBI = 9, rašeliniště, slatiniště, jediná lokalita výskytu v ČR (slatiniště Kramářka)

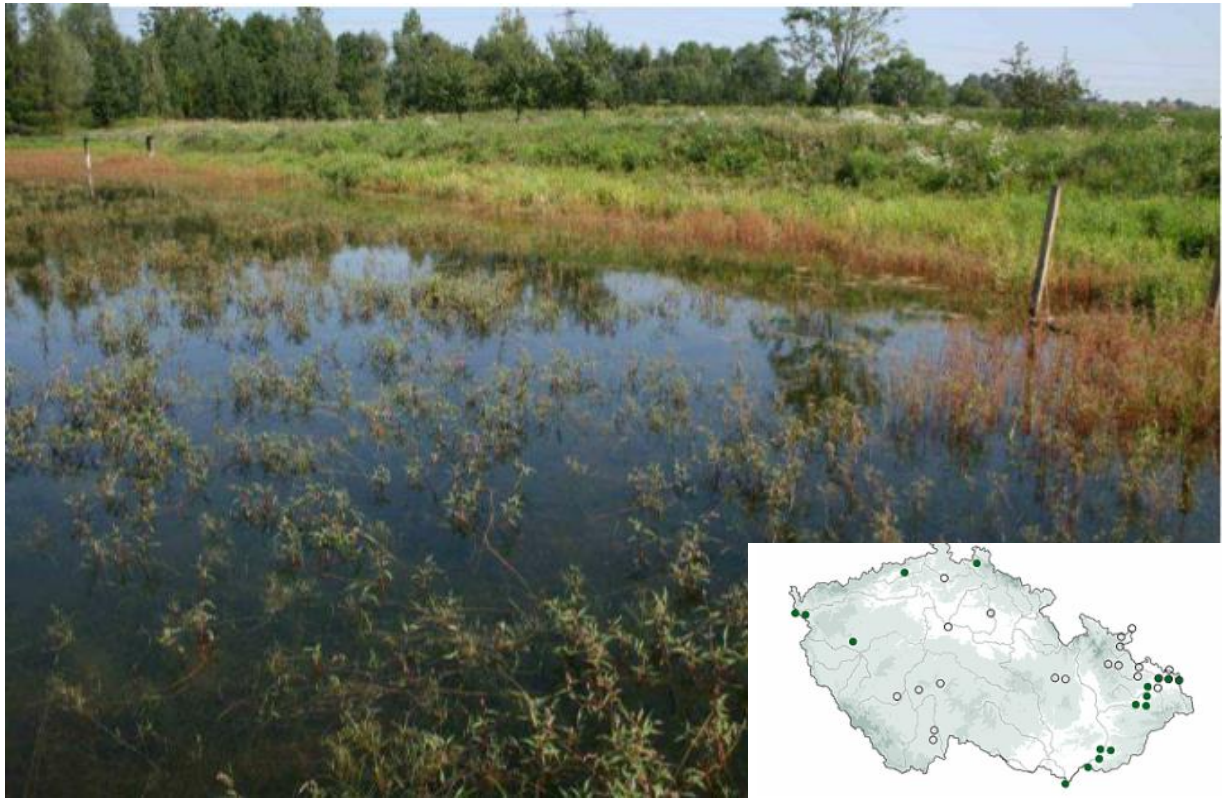
Vážky jako bioindikátory



Šidélko jarní (*Coenagrion lunulatum*)

DBI = 9, menší mezotrofní, extenzivně využívané rybníčky

Vážky jako bioindikátory



Vážka rumělková (*Sympetrum depressiusculum*)

DBI = 8, podmáčené nivní louky, extenzivně využívané rybníky

DBI = 8

DBI = 9

DBI = 6

DBI_{sum} = 23

DBI_{mean} = 7.6

DBI = 0

DBI = 0

DBI = 3

DBI = 0

DBI = 0

DBI_{sum} = 3

DBI_{mean} = 0.6

Vážky jako bioindikátory

- **Indikace míry degradace tropického deštného lesa**
  - Založeno na rozdílných biotopových nárocích obou podřádů
  - Zygoptera (stejnokřídlice, „šidélka“) – sedavé druhy, drobné tělo, křídla skládají, citlivé k přehřívání
  - Anisoptera (různokřídlice, „vážky“) – letci, druhy otevřených stanovišť, potřebují teplo a prostor

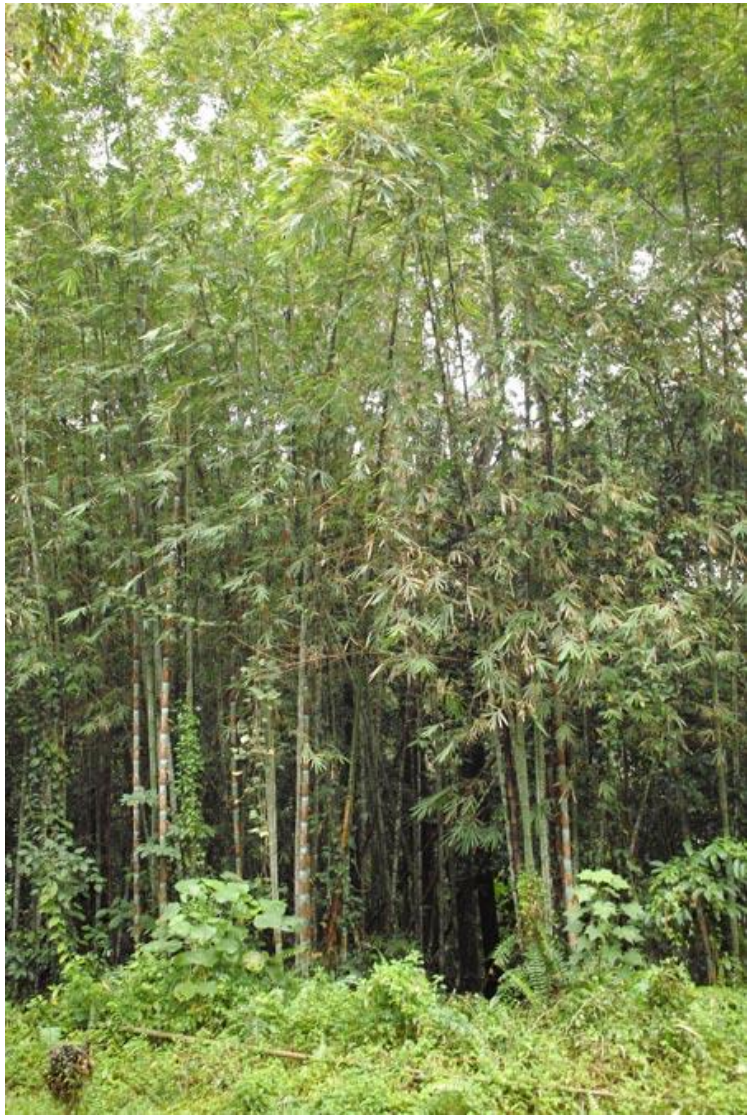
⇒ Poměr Zygoptera/Anisoptera se bude s rostoucí mírou odlesňování snižovat… ?

Podřád: Zygoptera

Podřád: Anisoptera

Vážky jako bioindikátory

1 – Primární les



3 – Sekundární les

Vážky jako bioindikátory

4 – pastvina/zemědělská plocha s okrajovou zónou lesa

5 – bezlesí

Vážky jako bioindikátory

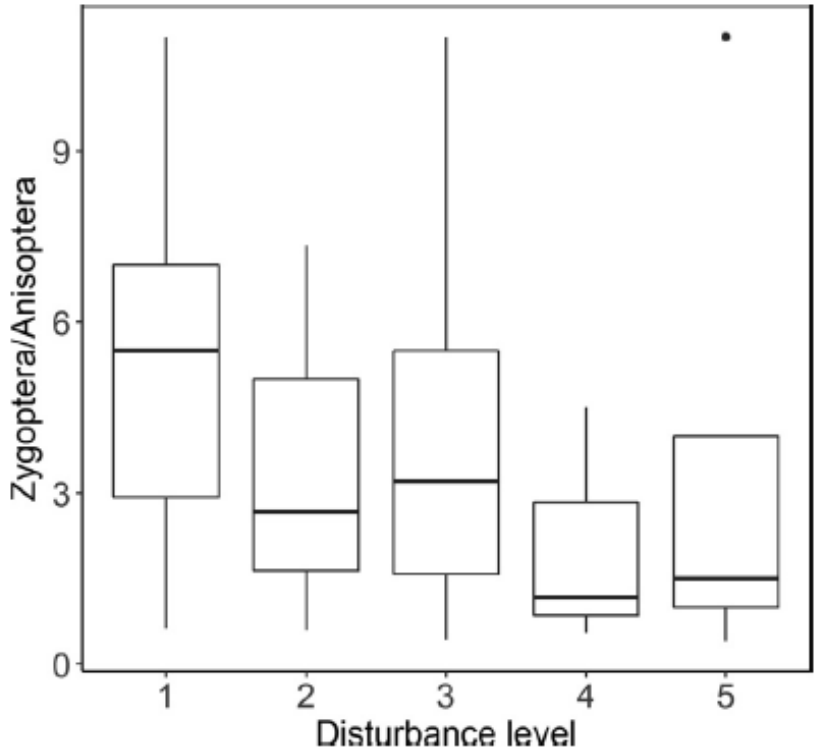


Fig. 1. Zygoptera/Anisoptera ratio along a disturbance gradient. 1 – primary forest; 2 – slightly degraded primary forest; 3 – secondary forest; 4 – pasture or agricultural land with buffer; 5 – agricultural and urban habitats (non-forest). Values of species richness were predicted by the linear mixed-effect model with the source study used as random effect.

Zygoptera/Anisoptera

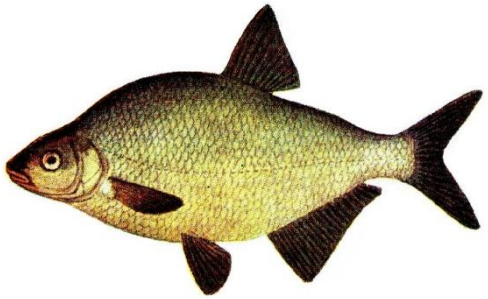
- 1 – primární les
- 2 – mírně degradovaný primární les
- 3 – sekundární les
- 4 – pastvina, zemědělská plocha s okrajovou zónou lesa
- 5 – bezlesí

- S degradací postupně roste zastoupení druhů otevřených stanovišť (Anisoptera)
- Dle poměru lze posoudit intenzitu změn lesa a míru reverzibility

Obratlovci jako bioindikátory

Ryby

- Bioakumulace škodlivých látek – použitelnost k analýze kontaminace vod PCB, PAH
- Pomalý růst – dlouhodobé zatížení
- Štika obecná (*Esox lucius*)
- Pstruh duhový (*Onkorhynchus mykkis*)
- Jelec tloušť (*Leuciscus cephalus*)
- Cejn velký (*Abramis brama*)



Zařazení do systému:
Říše: Animalia
Kmen: Chordata (strunatci)
Podkmen: Vertebrata (obratlovci)
Nadtřída: Osteichthyes (Ryby)

Obratlovci jako bioindikátory

Obojživelníci

- Ovlivnění z akvatického i terestrického prostředí
- Sleduje se morfologie (malformace) dospělců i larev (pulců) – kontaminace těžkými kovy, pesticidy a dalšími látkami (PCB, CFC)
- Sledují se změny výskytu (úbytek) jednotlivých druhů

Zařazení do systému:
Říše: Animalia
Kmen: Chordata (strunatci)
Podkmen: Vertebrata (obratlovci)
Třída: Amphibia (obojživelníci)

Obratlovci jako bioindikátory
Ptáci

Zařazení do systému:
Říše: Animalia
Kmen: Chordata (strunatci)
Podkmen: Vertebrata (obratlovci)
Třída: Aves (Ptáci)

- **Zemědělská krajina**
  - Semenožravé druhy, dravci
  - Bažant obecný (*Phaseanus colchicus*)
  - Sokol stěhovavý (*Falco peregrinus*)

- **Vodní prostředí**
  - Bioakumulace PCB, PAU, na souši i ve vodě – transfer polutantů do terestrických ekosystémů
  - Dospělci, obsah xenobiotik v nevylíhlých vejcích
  - Volavka popelavá (*Ardea cinerea*)
  - Potápka roháč (*Podiceps cristatus*)
  - Husa velká (*Anser anser*)
  - Kachna divoká (*Anas platyrhynchos*)
  - Racek chechtavý (*Larus ridibundus*)
  - Lyska černá (*Fulica atra*)
  - Orlovec říční (*Pandion haliaetus*)

Obratlovci jako bioindikátory

Ptáci

Potápka roháč

Orlovec říční

Obratlovci jako bioindikátory

Savci

Zařazení do systému:
Říše: Animalia
Kmen: Chordata (strunatci)
Podkmen: Vertebrata (obratlovci)
Třída: Mammalia (savci)

- Využíváni zejména drobní zemní savci
- Kontaminace agrárních ekosystémů, sledování koncentrace xenobiotik v kůži, svalovině a játrech (příp. trávicí soustavě)
- Na základě zhodnocení typu stravy vybraných druhů a obsahu lipidů v kůži a ve tkáních byly vybrány následující druhy drobných zemních savců:
  - hraboš polní *(Microtus arvalis)*
  - norník rudý *(Clethrionomys glareolus)*
  - myšice lesní *(Apodemus flavicollis)*
  - myšice křovinná *(Apodemus sylvaticus)*

Obratlovci jako bioindikátory

Savci

Hraboš polní

Norník rudý

Myšice lesní

Myšice křovinná

Literatura

- Carignan, V. & M.-C. Villard. Selecting indicator species to monitor ecological integrity: A review. *Environmental Monitoring and Assessment* **78**, 45–61 (2002).
- Hasselbach, L. *et al.* Spatial patterns of cadmium and lead deposition on and adjacent to National Park Service lands in the vicinity of Red Dog Mine, Alaska. *Science of the Total Environment* **348**, 211–230 (2005).
- Iwama, G. K. *et al.* Heat shock protein expression in fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **8**, 35–56 (1998).
- Miller, S. W. *et al.* Resistance and resilience of macroinvertebrates to irrigation water withdrawals. *Freshwater Biology* **52**, 2494–2510 (2007).
- Rainio, J. & Niemelä, J. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity and Conservation* **12**, 487–506 (2003).
- Rosenberg, D. M. & Resh, V. H. *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. New York, NY: Chapman and Hall, 1992.
- Tanabe, S. & Subramanian, A. *Bioindicators of POPs: Monitoring in Developing Countries*. Kyoto, Japan: Kyoto University Press, 2006.
- Skalka, M. Lišejníky jako bioindikátory. *Živa* 3, 107 (2004).