

Příčiny vysoké biodiverzity sudetských karů: stará teorie v nových souvislostech



Sudetské kary přitahovaly pozornost botaniků nejméně od 19. století. V kontrastu k velmi chudému, monotónnímu základu sudetských pohoří jsou v karech na pouhých desítkách hektarů koncentrovány stovky druhů rostlin. To ze sudetských karů dělá horká místa biodiverzity nejen v místním, ale i v širším regionálním měřítku. Patří dokonce mezi druhově nejbohatší lokality v České republice. Jaké to má příčiny? Tomu se snažil přijít na kloub Jan Jeník (1929–2022) v rané fázi své vědecké kariéry. Prof. Jeníkovi byla věnována série příspěvků (Živa 2022, 4) a tento článek je vyjádřením živosti jeho myšlenek i pro současnou ekologii.

● Anemo-orografická teorie nikoho nezabije

Zhruba před 65 lety přišel J. Jeník s teorií anemo-orografických (A-O) systémů. Tato ekologická teorie vysvětluje diverzitu horských karů spolupůsobením určité konfigurace horského reliéfu a vzdušného proudění. Klíčovými prvky vysvětlení vysoké druhové bohatosti sudetských karů jsou sněhové laviny a vzdušný transport materiálu včetně diaspor rostlin. Jak spolu vše souvisí?

Nejprve laviny. Ty v sudetských pohořích vznikají v důsledku sfoukávání sněhu z hřebenu a jeho kumulace v závětrném prostoru těsně pod hřebeny. Sníh se tam hromadí v zimě, na jaře pak padají laviny. Jan Jeník tento jev vysvětluje jako důsledek usměrnění převažujícího západního vzdušného proudění pomocí naváděcího údolí na návětrné straně pohoří. Na to bezprostředně navazuje plochý vrchol hřebene, kde působí urychlující tryskový efekt. Na konci systému je závětrná strana hřebene s karem a pravidelnými lavinami. V karech díky závětrí panuje příznivé, relativně teplé mikroklima. Tři uvedené části tvoří podle Jeníka modelový anemo-orografický systém (obr. 2 a 3).

Hlavní ekologickou funkcí lavin jsou disturbance – fyzické narušování lesa

a půdy. Les by jinak kary úplně zarostl. Laviny v místech svého pravidelného působení snižují horní hranici lesa o několik set metrů a vytvářejí tak přirozeně bezlesé enklávy, kde mohou žít i druhy, které by jinak v lese neměly vhodné podmínky. Kromě toho laviny doslova přeorávají terén a obnažují skály, což také vytváří podmínky pro uchycování druhů, které tento typ disturbance potřeby. Laviny představují výrazný a v karech skoro jediný faktor, který průběžně mění heterogenitu stanovišť. K heterogenitě prostorové tak přidávají heterogenitu časovou, startují ekologickou sukcesí (skoro) od začátku a v důsledku násobí biologickou diverzitu.

Laviny by ale samy o sobě nestačily. Když se někde koncentruje tak různorodá biodiverzita, předpokládá to i zdroje diaspor. Populace se potřebují po disturbance obnovovat, zvláště pokud se vyskytují poměrně izolovaně od hlavního výskytu svých druhů. To je případ mnoha druhů v karech. Často zde mají výšková maxima, takže sem zdánlivě nepatří. Druhy běžné v teplých nížinách jsou najednou v chladných horách. A to právě v karech, nikoli v jejich okolí.

V šíření diaspor spočívá druhá předpokládaná funkce A-O systémů. Diaspory rostlin (semena, plody apod.), ale i různých



drobní živočichové, putují s větrem z nížin. V závětrí karů jsou semena průběžně depónována, aby mohla ve vhodný okamžik vyklíčit a posílit místní populace. Jan Jeník o karech píše doslova jako o „smetišťích diaspor“, což je jistě skvělý postřeh (Jeník 1961, str. 289).

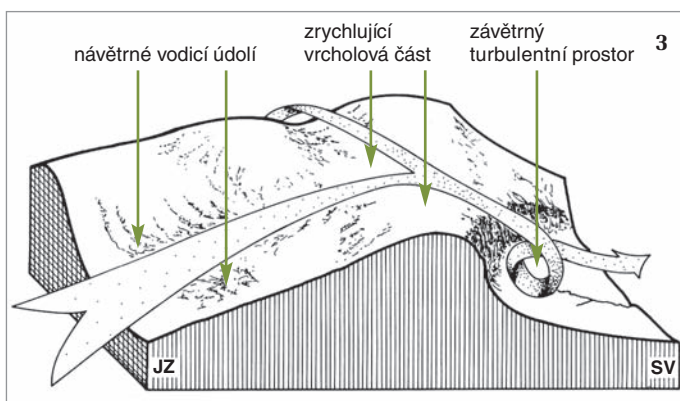
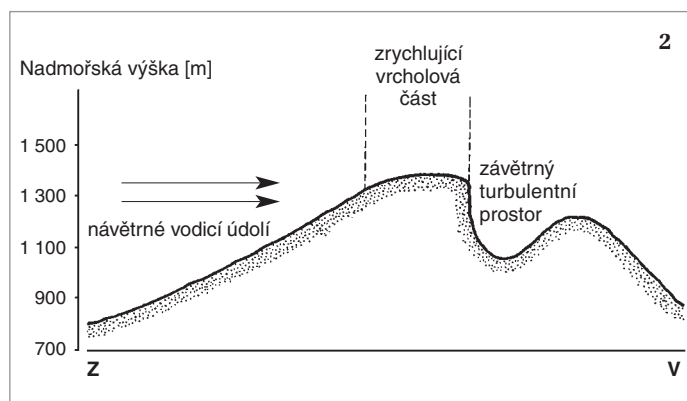
● Dynamický pohled na biodiverzitu

Teorie A-O systémů přinesla na přelomu 50. a 60. let 20. století tehdy neobvyklý dynamický prvek do standardních vysvětlení biodiverzity (které se tak ale ještě běžně neříkalo ani ve vědeckých pojednáních). Tato vysvětlení spočívala v teorii, že druhy rostou tam, kde mají příznivé podmínky prostředí. Tedy doslova, že každý zaujímá svou niku v jejich kontinuu. Teorie niky vznikla před více než sto lety a postupně se vyvíjela hlavně v anglo-americké ekologii (J. Grinnell, Ch. S. Elton,

1 Mázdrinec rakouský (*Pleurospermum austriacum*) stejně jako lomikámen vždyživý (*Saxifraga paniculata*, viz obr. 8) jsou typické příklady bazifilních druhů, u nás poměrně vzácné rostoucích v teplých pahorkatinách a pak právě ve vyšších horských polohách včetně sudetských karů.

2 Modelový anemo-orografický (A-O) systém – původní představa Jana Jeníka. Převzato z knihy *Alpínská vegetace Krkonoš, Králického Sněžníku a Hrubého Jeseníku* (Jeník 1961), upraveno

3 Anemo-orografický systém oblasti Vysoké hole v Hrubém Jeseníku. Upraveno podle: J. Jeník a R. Hampel (1992)



G. E. Hutchinson; souhrnně např. Chase a Leibold 2003). Ve středoevropském prostoru má toto uvažování mimořádně silnou tradici. Paralelně k teorii niky se rozvinula vegetační ekologie (fytocenologie, geobotanika – vše jsou v zásadě synonyma), která v podstatě totéž tvrdí o rostlinných společenstvech. Každé by mělo růst právě tam, kde má odpovídající podmínky prostředí. Jak brambory na řádku.

Podobně mechanistický pohled na rostlinná společenstva je dnes do značné míry překonaný. Moderní ekologie takové představy spíše relativizuje. Šíření diaspor propojuje škály ekologického časoprostoru a je podstatným prvkem moderních teorií o považe rostlinných společenstev (Vellend 2016). J. Jeník byl se svou teorií A-O systémů průkopnický v tom, že akcentuje dynamický princip uspořádávání biodiverzity.

Dobře uchopitelný příklad horských karů mu k tomu výborně posloužil. Kary charakterizuje jako prostředí „syngenetického neklidu...“, který se navenek projevuje symmorfologickým chaosem vegetační (mosaiky) a fytoecenologickou nevyrovnaností“ (Jeník 1961, str. 289). Dnes bychom jednoduše řekli, že nestabilní podmínky jsou příčinou velké časoprostorové heterogenity rostlinných společenstev, a tedy vysoké biodiverzity v sudetských karech. Tím, že při vysvětlování biodiverzity klademe velký důraz na disturbance a šíření diaspor, předběhl Jeník o několik desítek let svou dobu.

● Realita je přece jen trochu složitější

Tolik Jeníkem formulovaná teorie, která ale jako žádná teorie není úplně univerzální. Jaké další faktory určují vysokou biodiverzitu sudetských karů? Jeník je ve své výše citované knize *Alpínská vegetace Krkonoš, Králického Sněžníku a Hrubého Jeseníku*. Teorie anemo-orografických systémů (Nakladatelství Československé akademie věd, Praha 1961) sice rozhodně nezaměřuje, ale do teorie A-O systémů někdy úplně nezapadá. Jde zejména o vlastnosti substrátu, tedy faktor v zásadě lokální.

Ve střední Evropě je důležitá přítomnost karbonátů v horninách, což se projevuje jako vyšší pH půdní. Nemusí jít přímo o vápence. Mezi kary je dobrým příkladem Velká kotlina v Jeseníkách. Jan Jeník uvádí, že ve Velké kotlině nejsou žádné výchozy bazických hornin (Jeník 1961, str. 246–247). A používá to jako argument, že pro vysokou druhovou bohatost karů nejsou bazické substráty podmínkou.

Leoš Klimeš a Ota Rauch (1997) však přesvědčivě ukázali, jak silně je ve Velké kotlině druhově bohatá vegetace se vzácnými druhy podmíněna ostrůvkovitými bazických půd. Také podle místního znalce, geobotanika Lea Bureše je obsah karbonátů ve vystupujících skalách zásadním faktorem pro místní výskyt (jak jinak) vápnomilných druhů (Bureš 2022). Jinak obtížně vysvětlitelná záhada byla tedy úspěšně vyřešena „s lahvičkou kyseliny solné“ v ruce (karbonáty po polití kyselinou šumí). Podobně působí např. čedič v Malé Sněžné jámě na polské straně Krkonoš, který na sebe váže velkou diverzitu rostlin.

Příznivé vlastnosti substrátů v karech ovšem zároveň přímo souvisejí s působením A-O systémů. Bez disturbance a eroze



4

zprostředkovaných lavinami by svahy byly pokryty kyselými půdami, skály by sotva vystupovaly. A vzdušný transport materiálu se kromě šíření diaspor týká i jemných půdních částic. Zjara bývá povrch tajícího sněhu nápadně špinavý od navátého (eolického) humózního prachu.

Jeník si intenzivního usazování jemných půdních sedimentů v karech dobře všiml a tento jev celkem podrobně popisuje (Jeník 1961, str. 181–188). Takové „hnojení“ vytváří vhodné podmínky pro mnoho druhů, které bychom v okolí marně hledali. Typickým příkladem je vegetace vysokobylinných niv, které mají velmi vysokou produktivitu biomasy. O těchto zajímavých biotopech Jeník ve své knize píše např. i následující (str. 275): „Těžko se můžeme smířit se skutečností, že dokonce ještě dnes se kosí seno na dně Malé kotliny v Hrubém Jeseníku.“

Jeníkem poněkud opomenutým, ale podstatným faktorem je voda. Výrazně zvyšuje heterogenitu prostředí, a tedy i biodiverzitu. V karech nacházíme překvapivě množství pramenišť (obr. 4). Mají velmi specifický charakter a opět na nich najdeme druhy, které jinde v okolí nerostou. V Jeseníkách jsme na hlavním hřebeni

4 K pestrosti prostředí přispívá v karech množství pramenišť. Velká kotlina v Hrubém Jeseníku jich hostí několik různých typů (červenec 2010).

5 Centrální část amfiteátru Velké kotliny zjara (duben 2014). Skalnaté výchozy s příměsí bazických hornin dramaticky zvyšují diverzitu rostlinstva nejen na této lokalitě.

6 Široké prostorové zobecnění teorie A-O systémů. Sekvence od Durynského lesa po Hrubý Jeseník – linie dlouhá asi 500 km. Upraveno podle: J. Jeník a R. Hampel (1992)

7 Dobře vyvinutý kar na Popu Ivanu v ukrajinsko-rumunských Karpatech (červenec 2007). Nabízí se porovnání se sudetskými kary a testování předpokladů teorie A-O systémů.

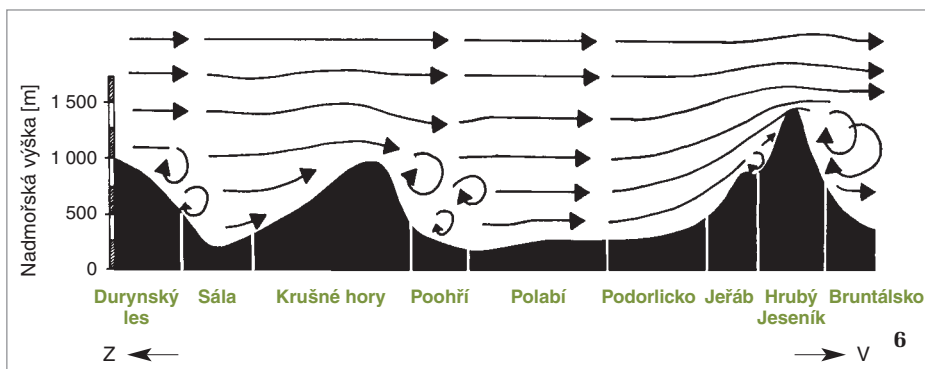
8 Lomikámen vždyživý v přírodní památce Šumárník v Hrubém Jeseníku (blíže viz obr. 1). Snímky R. Hédla

během jedné naší studie identifikovali celkem 41 dobře vyvinutých pramenišť nad horní hranicí lesa. Z nich 17 je ve Velké kotlině a 10 v Malé kotlině.

Neměli bychom ale opomenout ani historické faktory. Geomorfologie sudetských



5



karů je důsledkem působení místních ledovců. Ty zde vznikaly v chladných glaciálech, které se během čtvrtohor (období posledních asi 2,6 milionu let) střídají s mnohem kratšími teplými obdobími s periodou mezi 40 a 100 tisíci lety. Ledovce po sobě zanechaly nejen zahloubená údolí s morénami, ale také skalnatý terén a pestrou geomorfologii sudetských karů (obr. 5).

● Ambiciózní teorie si žádá řádné testování

Ve své teorii anemo-orografických systémů se Jan Jeník pokusil pozoruhodným způsobem vysvětlit vysokou a neobvyklou pestrost sudetských karů. Podobných inovativních syntéz nevzniklo v české ekologii mnoho. Výzkum biodiverzity byl vždy silně inspirován vývojem v zahraničí. Teorie a koncepty jsme vždy rychle přejímali a úspěšně rozvíjeli, ale nic moc nového příliš nevymýšleli.

Podobně ambiciózní jako teorie A-O systémů je teorie říčního fenoménu. Přišel s ní ve stejné době a ve spolupráci s Jiřinou Slavíkovou opět Jan Jeník (Jeník a Slavíková 1964). Říční fenomén bohužel nevyvolal velkou pozornost, ačkoli je z pohledu ekologické teorie stejně zajímavý jako horské kary a má přinejmenším srovnatelný aplikační potenciál.

Nabízí se otázka, proč teorii A-O systémů od začátku 60. let, kdy byla tak výstižně formulována, dosud nikdo kriticky nezkoumal. Hlavní předpoklady teorie,

stručně shrnuté v tomto textu, zatím nebyly podrobeny empirické analýze. Disturbanční funkce lavin je očividná, ale jak je to ve skutečnosti s přísunem diaspor? Opravdu při tom hrají A-O systémy důležitou roli, nebo by se semena do karů dostala i jinak? Nikdy zřejmě nebyly uspořádány terénní pokusy, např. se semennými pastmi, které by tuto teorii empiricky podpořily či naopak.

Samotný autor teorie a jeho nečetní následovníci se výskyt A-O systémů snažili zobecnovat na další podobná pohoří nejen v Evropě (obr. 6), ale nikdy formou skutečného výzkumu. Ten by mohl spočívat v analýze karů středně vysokých pohoří od Francie po východní Karpaty. Substrátový, klimatický i biologický kontext zde nalezneme velmi různorodý. Univerzálním prvkem by měly být A-O systémy. Skutečně tedy působí tak, jak to formuloval před více než 60 lety Jan Jeník?

● Závěr: jak otestovat ambiciózní teorii?

Kdybychom opravdu chtěli testovat Jeníkovu teorii anemo-orografických systémů, co bychom měli udělat? Předpokládejme, že nemáme neomezené prostředky a musíme si vystačit s běžnými kapacitami. Z botanicko-ekologického pohledu se přímo nabízejí nejméně tři témata:

● Dálkový přísun diaspor. K tomuto pro někoho možná samozřejmému vysvětlení vysoké druhové bohatosti sudetských karů chybějí jakékoli důkazy. Jeníkova metafo-

ra o karech coby „smetišťích diaspor“ tak stále čeká na ověření. Možným řešením je instalace semenných pastí podél linie vzdušného proudění. Od vodícího údolí přes vyfoukávané hřebeny až po samotné kary. Pokud se nachytají semena druhů z nížin, v horách vzácných nebo nepřítomných, je to dobrá indikace pro podporu naší teorie.

● Vytřvalost populací. Od uchycení jedince k životaschopné populaci vede dlouhá cesta. Jsou na ní silné environmentální filtry, kterými se snaží projít semenáčky i dospělé rostliny. Informace o druhové bohatosti sudetských karů se týkají zpravidla dospělých jedinců. Nikdo ale netestoval, kdy se uchytily. Opravdu přilétají pravidelným dopravníkem A-O systémů, nebo jsou to relikty dob minulých? Jako přístup k testování se nabízí analýza genetické příbuznosti nížinných populací a neobvyklých výskytů určitých druhů v horách.

● Bazické příměsi v substrátu. Ostrůvkovitý výskyt karbonátů a jiných bazických hornin může podstatně zvyšovat lokální i celkovou druhovou bohatost v sudetských karech. Toto vysvětlení by bylo možné testovat pomocí srovnání více karů s různým geologickým podložím. Třeba na Popu Ivanu ve východních Karpatech jsou dokonale vyvinuté vícestupňové kary i s vystupujícími skalami (obr. 7). Monotónně neúživný flyš však neposkytuje vhodné podmínky pro bazifilní druhy. Miloš Deyl (1940) popisuje ve své vynikající vegetačně ekologické monografii o Popu Ivanu jedno společenstvo bazických substrátů, ale jinak se tímto jevem hlouběji nezabývá. Podobně, jako ho příliš nezdůrazňuje ani Jan Jeník u sudetských pohoří.

Další témata a otázky jsou testovatelné daleko obtížněji. Jak často např. doletí semeno nějakého vzácného druhu až do karu? Je to každý rok, nebo jednou za sto let? Nebo jak přispívají disturbance lavinami k uchycování nezvyklých druhů? Co z toho vyklíčí, a přežije vůbec něco? Horské kary jsou skutečnou ekologickou laboratoří, nabízející mnoho vzájemně propojených hypotéz ke zkoumání. Stačí jen opráší staré teorie a nově je nasvítit.

Použitou literaturu uvádíme na webové stránce Živy. K dalšímu čtení např. seriál o Velké kotlině v Živě 2018, 1–4 a 6; 2019, 1; nebo 2020, 2: 72–75.

