

způsobivých druhů, rozbořením nukleových kyselin mapovat a datovat procesy křížení a sledovat tak i zpětně ovládnutí prostoru klonem, který upřednostnila selekce specifického prostředí. Evropané spolu se zemědělskými praktikami zavedli do podmínek starého kontinentu mnohé plevele a parazity, jež prošli určitým adaptačním procesem. V procesu invaze biologických druhů lze rozlišit fázi: 1. introdukce (zavlečení) – řádově i stovky druhů, 2. kolonizace – desítky druhů, 3. naturalizace (zdomácnění) – většinou méně než 10 druhů, z nichž se ve fázi 4. – šíření uplatňují jen dva až tři druhy.

Kontinenty Starého světa, zejména oblast středozemního bazénu, vytvářejí zvláštní podmínky pro invazní potenciál zdejších druhů. V případě Eurasie existují mezi východním a západním pobřežím oceánů bariéry (velká pohoří a velké řeky), které jsou nepřekročitelné pro většinu organismů. Rovněž z důvodu vysokého poměru souše/moře zde byly účinky

čtvrtohorních zalednění větší než jinde. Klima vykazuje silné kontinentální ladění s velkými teplotními výkyvy a týká se to dokonce i Středomoří, srovnáváme-li je s jinými podobnými oblastmi jinde ve světě (Chile, Kalifornie, jižní Afrika, jihozápadní Austrálie). Zdejší heterogenita krajiny umožnila vznik několika refugií, kde docházelo k opakovanému znovuosídlení organismy během meziledových dob. Neustálé otevírání nových prostor k nastěhování oběma zmíněnými mechanismy (přírozené a později antropogenní narušování) je hlavní podporou úvah o velkém invazním potenciálu přítomných druhů. Za doklad by mohly posloužit i důsledky náhodného zavlečení cizího druhu na ostrovy, které neprošly obdobným vývojem (např. vymizení části původní savčí fauny na Korsice pod tlakem zavlečených hlodavců, zejména z rodu *Rattus* – potkan – původem z Dálného a Středního východu; zároveň jde o klasický příklad ilustrující zákonitosti ostrovní biogeografie).

Mnohá další pozorování z celého světa se přidávají k rozvíjení myšlenky, že vnitřní invazní potenciál řady druhů Starého světa je větší než u druhů jiných kontinentů. Neznamená to, že by bylo málo příkladů úspěšného začlenění cizích prvků do naší bioty (u rostlin třeba jeden druh netýkavky do lesních společenstev, jiný druh téhož rodu do společenstev pobřežních atd.). Ostatně, příklady „výměny“ druhů mezi Amerikou a Evropou byly na stránkách našeho časopisu již zmíněny (Živa č. 5 / 1992: 203). Samozřejmě, že pouze historický pohled na problematiku nedává možnost testování – z hlediska genetického a ekologického vývoje invazního potenciálu. Zde se tedy otevírá pole pro experimentování, třeba v otázce, proč některé druhy uspěly jako invazní a druhy jim blízké příbuzné nikoli. Nabízí se tu stimulující biologický model ke studiu „evoluce na pochodu“ a tuto výzvu by uchazeč o překvapení v ekologii určitě neměl pominout.

Ekosystémy střední Evropy VI.

Horské ekosystémy

V předchozích dílech našeho seriálu vyšlo najevo, že výskyt přirozených bezlesých stanovišť se ve středoevropském prostoru omezuje pouze na rašeliniště, pobřeží vod, slaniska, písčité sedimenty, popřípadě skalní stepi. Teprve nad horskou hranicí lesa však nalézáme velkoplošné formace, v nichž mají dřeviny uplatnění nanejvýš jako keře a keříčky (pásmo kosodřeviny nebo olše zelené a zakrslých vrb). V našich podmínkách vystupují nejvýše následující stromy: smrk, buk, klen, jeřáb, vzácně přetrvává lípa. Zpravidla vytvářejí nízké formy, často s plazivými větvemi. Jejich růst omezují rozhodující ekologičtí činitelé: sníh, mráz, vítr. Zimní námraza spolu s prudkým vanutím způsobuje vlnkové formy větvení. Ledopády a laviny destruuji dřevní hmotu a dávají vznik šavlovým formám kmenů. Klimatické podmínky na horní hranici lesa (u mocnějších pohoří, jako jsou Alpy, je to kolem 1 800 m n. m.) jsou charakterizovány počtem dní, kdy padá sníh: asi 100; sněhová pokrývka přetrvává přes půl roku a dosahuje výšky více než 1,5 m; průměrné tempo

ty v lednu -6°C , v červnu 10°C ; celoroční průměr je méně než 2°C ; nejsou tu „letní dny“, tj. s teplotami přes 20°C , a půdní povrch je suchý po méně než půl roku.

Se vzrůstající nadmořskou výškou (obr. 2) jsou i větší dřeviny vyřazeny ze soutěže o přežití a nastupují alpské pralouky složené převážně z trsnatých bylin, drobných keříčků a světlo-milných mechorostů a lišejníků. Kdybychom vystoupili ještě výš, tam, kde spad sněhu přesáhne v průměru rychlost jeho odtávání, ocitli bychom se v niválním stupni bez vegetace.

Lavinové dráhy posouvají hranice ustáleného (klimaxového) ekosystému z horních poloh níže (alpínské louky do údolí apod.). Kdyby nebylo periodického padání lavin, jejich dráhy by zarostly lesem a hory by tím byly ochuzeny o značné druhové bohatství, které je z velké části vázáno právě na ně. Pozitivní účinky tohoto mechanického narušování ve vztahu k biodiverzitě rozpoznal před více než třiceti lety český ekolog Jan Jeník (podobně dobře si vedl jiný geobotanik Slavomil Hejný, o jehož teorii ekofází

spojenou s ekobiologickými typy vodních makrofyt jsme psali posledně). Díky dlouholetým pozorováním a měřením v našich sudetských pohořích dospěl k poznání, že mimořádné druhové bohatství na některých místech Krkonoš se nedá vysvětlit pouze vložkami úživných hornin do kyselého silikátového podloží, jak předpokládali starší znalci hor. Jednoznačnější se ukázala být závislost proslulých nalezišť rostlin na východní expozici údolních svahů, přičemž klíčovou roli hraje převažující západní větry naváděné údolními systémy a urychlené na náhorních plošinách. Za hranou sudetských jam a kotlin nastává turbulentní pohyb vzdušných mas, který vede ke zvýšenému ukládání přinesených sedimentů a zároveň rozmnožovacích částic rostlin. Nakupený sníh zde dlouho v jarních měsících zásobuje stanoviště vláhou. Tato kombinace podmínek vytváří neobyčejně příznivou situaci pro druhově bohaté ekosystémy. Své vysvětlení pro popsany jev nazval autor teorií anemo-orografických (A-O) systémů neboli větro-horopisných soustav (obr. 3). Byla ověřena v řadě světových, podobně utvářených pohoří.

Sníh se ve vysokohoří stává rozhodujícím faktorem v tom smyslu, že jeho přítomnost určuje místa, která jsou rostlinstvu k dispozici. Vývoj vysokohorských půd je ovlivněn promrzáním, které se blíží podmínkám tundry – vlhké a chladné prostředí má v létě výkyvy. Sluneční záření způsobuje prohrátí, což uvolní ekofyziologické zábrany pro růst rostlin, v noci dochá-



Sněh a led jsou klíčovými faktory při ovlivňování vegetace vysokých hor; čelo ledovce na hraně karu zásadně určuje tvářnost terénu

zí opět k promrzání. S tímto procesem souvisí tzv. soliflukce, půdotok na svazích, kde střídáním ekologických extrémů vzniká glaciální pohyb (odnos půdy, padání roztrhaných skal aj.) – mluví se o kryogenních jevech.

Tam, kde je navát sněh, stává se na jedné straně ochranou proti chladu a transpiračním ztrátám, ale na druhé straně má nepříznivé účinky – zkracuje vegetační sezónu (dlouho leží a zastiňuje povrch půdy). Uplatňuje se drtící účinek jeho těžkých krystalů na výhony rostlin a také posouvací účinek, kdy tvaruje a ohýbá hlavně semenáčky dřevin. Dá se říci, že takto vznikají dvě základní řady ekosystémů – tzv. sněžných políček (vyležisek) a mrazových (vyfoukávaných) míst. Na malém prostoru vidíme v alpínském stupni pestrou mozaiku stano- višť se společenstvy, jejichž povahu spoluurčují velké rozdíly v oslunění povrchu, v odrazivosti, exponovanosti vůči větru a vlhkosti. Takovou proměnlivost prostředí nenajdeme snad nikde jinde, a proto se zdá zákonité, že střeoevropsky nejpoužívanější klasifikaci vegetace vytvořil fytoecnolog J. Braun-Blanquet právě po pozorování alpínských společenstev. Využil prostě fakt, že v extrémně rozlišených ekotopech je biota dobře charakterizována sadou specifických znaků (tzv. charakteristických druhů).



Vysokohorské nivy oplývají druhovým bohatstvím širokolistých bylin, častý je zvonek širokolistý, havez česnáčková aj. Snímky P. Kováře

Velkou skupinou horských ekosystémů, jejichž strukturu určují byliny, jsou trávníky na bazických substrátech (třída *Elyno-Seslerietea*). Vápnomilné rostliny však rozdělují ještě další faktor: délka trvání sněhové pokrývky. Podle toho je můžeme dělit na obyvatele míst, kde dlouho přetrvávají sněhová políčka (rostliny a společenstva chionofilní, např. svaz *Seslerion tatrae* s pěchavou tatarskou, mochnou Crantzovou, všivcem přeslenitým, hvozdíkem lesklým, ostřicí vždyzelenou nebo koniklecem slovenským) a na seskupení odolná vůči vyfoukávání a mrazu (chionofobní; např. svaz *Caricion firmiae* s dominantní ostřicí pevnou či dryádkou osmiplátečnou nebo svaz *Seslerio-Asterion alpini* sestupující do nižších poloh známými ornamentálními zástupci květeny jako jsou hvězdnice alpská, prvosenka medvědí ouško nebo netřesk chlupatý).

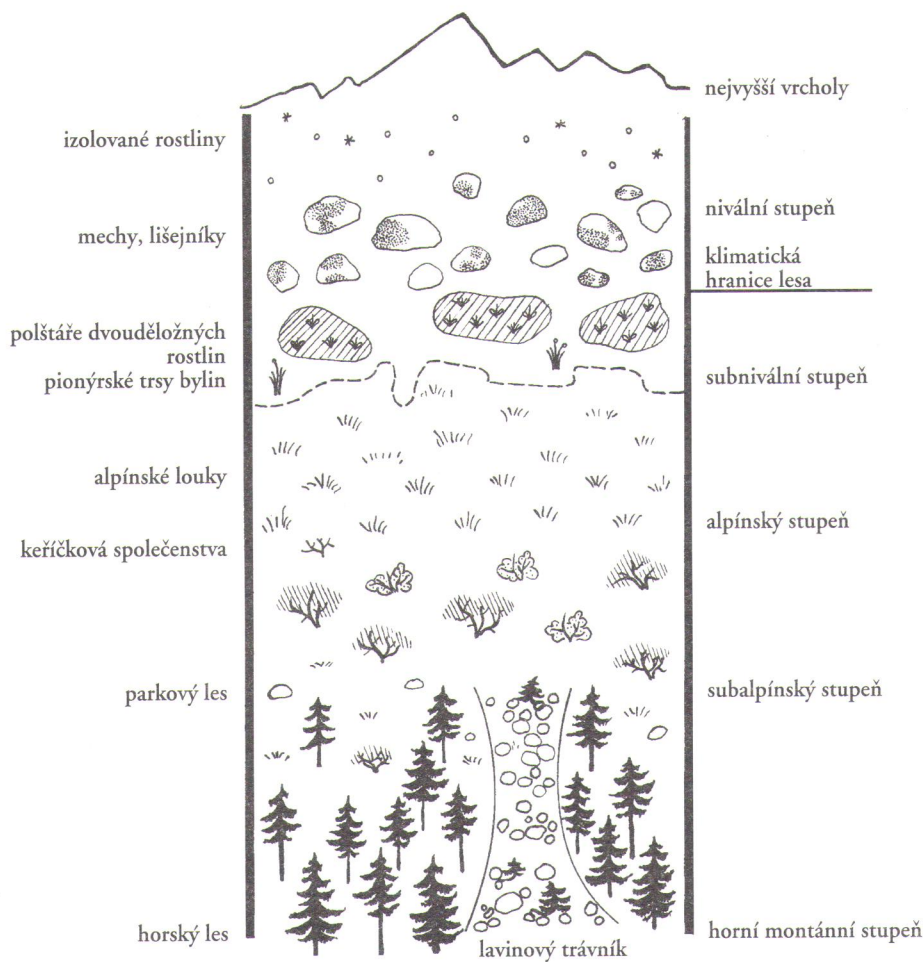
Naopak ve vyšším – alpínském pásmu osídlují plochy s nahromaděním sněhu společenstva sněžných políček pojmenovaná po převládajících drobných vrbách (třída *Salicetea herbaceae*). Zatímco jedna z nich – vrba bylinná – udává ráz svahům na silikátových horninách, spolu s kamzičником rakouským nebo kopretinou alpskou, jiné dvě – vrba sítnatá a vrba utatá – charakterizují spolu s řadou bylin, jako je ostřice tmavá, kruhatka Matthioliho nebo lomikámen pochybkovitý horniny karbonátové.

I v alpínském stupni nalezneme známý protiklad – chionofobní, tedy sně-

hovou vodou neobohacovaná a povětrnostně exponovaná travinná či špalírovitá společenstva (třída *Juncetea trifidii*). Chudé skeletovité podloží a kyselé primitivní půdy jsou příčinou menšího počtu druhů, mezi něž patří sítina trojklaná, kostřava pestrobarvá, ostřice Bigelowova, sasanka narcisokvětá, mechy z rodu ploník, lišejníky ze známého rodu puklérka.

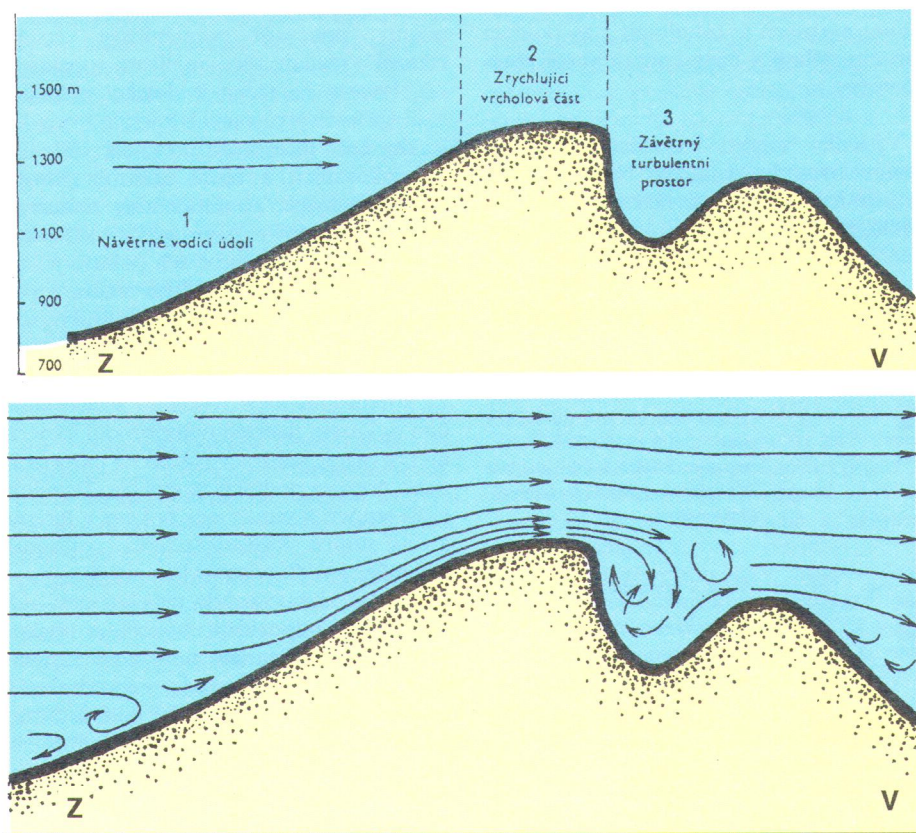
Do mozaiky horských biotopů patří rovněž nepřehlédnutelné formace na kamenných sutích a šterkových náplavech (třída *Thlaspietea rotundifolii*). Jde o pionýrská společenstva, kde usazeným druhům stále hrozí zasypání – mají proto ohebné lodyhy a do hloubky pronikající kořenový systém. Vápencové materiály hostí v době květení nádherně barevné porosty s mákem Burserovým, huseníkem alpiským a šťovíkem štítnatým. Sutě a náplavy kyselých hornin osídluje celá řada druhů lomikamenů, pryskyřník ledovcový, šťovíček dvoubližný nebo prvosenka nejmenší.

Horské potoky lemuji vysokostěbelné nivy (třída *Mulgedio-Aconitetea*). Vlhké a jílovité půdy s poměrně vysokým obsahem dusíku předurčují značným biomasu těchto porostů. Podílejí se na ní dekorativní širokolisté byliny, jako je havez česnáčková, stračka vyvýšená, kýchavice Lobelova, starček podalpský, mléčivec alpiský,



Obr. 2. Schéma vysokohorských vegetačních stupňů a jim odpovídajících ekosystémů

Obr. 3. Podélný profil a vzdušné proudění v anemo-orografickém systému ve směru západ-východ. Zhuštěné proudnice v návětrném údolí a turbulence v závětrném prostoru sudetských jam se spolupodílejí na druhovém bohatství našich hor (podle J. Jeníka)



bodlák lopuchovitý nebo např. devět-sil Kablíkové. V Českém masívu jsou časté nivy s řadou druhů kapradin nebo travin.

Vyšplháme-li proti proudu horských vodotečí, dostaneme se k ekosystémům prameništ, jež jsou vyhraněnou součástí celého spektra různých prostředí hor. Společenstva (třídy *Montio-Cardaminetea*) mají charakter světlomilných (heliofilních) pionýrských formací obohacených o mechorosty. Typ podloží je rozděluje na druhově bohatší náročná na vápník (potoční travertiny, mokré vápencové skály - svaz *Cratoneurion commutati*) a na ta, jež vyžadují měkkou pramenitou, rychle tekoucí a chladnou vodu (silikátová podloží - svaz *Cardamino-Montion*). V prvním případě jsou asi nejtypičtějším reprezentanty masožravé tučnice, kohátka kalíškatá nebo vápnomilné mechy, v druhém případě vrbovky, řeřišnice hořká nebo zdrojovka prameništinná.

Anemo-orografické systémy v éře atmosférického znečištění bohužel podporují hromadění imisí u nás právě na místech s největším bohatstvím organismů, také masová turistika a sporty hory devastují. Nutnost ochrany pestrého a křehkého biomu vysokohorí není snad třeba zdůrazňovat. Je životadárnou vodonosnou střechou veškeré ostatní krajiny.

Praktická ekologie – případové studie VI.

Monitorování znečištění

Povaha a účinky znečištění jsou různé, častěji spíš zákeřné než dramatické. Vybízejí k řadě otázek: Jaké jsou dlouhodobé následky znečištění? Jsou předpovídané trendy o koncentracích znečišťujících látek spolehlivé? Nakolik bezpečné jsou průmyslové technologie, které mají ve výrobě obsaženy toxické látky? Atd.

Určení množství a typu cizorodých substancí v prostředí zahrnuje metody průběžného měření - monitorování pomocí (1) speciálních přístrojů (aparatur) a (2) organismů (biomonitoring). Biologické monitorování se liší od bioindikace (Živa, 3/1993:117) tím, že se nesoustřeďuje pouze na symptomatiku poškození nebo na vyhynutí organismů (kvalitativní parametry), ale především na sledování ekologických změn v delším časovém úseku (kvantitativní parametry, např. měření koncentrace látek v tělech organismů). Bioindikace znamená upozornění (signál změny), monitorování pak v následnosti analýzu v prostro-