

Antarktické vegetační oázy

5. České výzkumné aktivity

Antarktida bývá v popularizační literatuře obvykle představována jako nejchladnější, nejsušší, největrnější a nejizolovanější místo na Zemi. Ne vždy se ale v takovém výčtu superlativů také uvádí, že Antarktida je ze všech kontinentů nejméně vědecky prozkoumaná. Byla objevena relativně nedávno a z hlediska praktického využití alespoň některých jejích pobřežních oblastí nebyla nijak zvlášť zajímavá, což ostatně platí dodnes. Co je tedy v pozadí pozoruhodně velkého zájmu o poznávání Antarktidy v současné době? Proč se do badatelských prací zapojují i čeští vědci a jaký prospěch z toho vlastně budeme mít?

Při hledání odpovědi na tyto otázky je třeba si v první řadě uvědomit, že naprostá většina výzkumných prací prováděných v Antarktidě má charakter základního (nikoli tedy aplikovaného) výzkumu, který obvykle nelze hodnotit nějakým přímým finančním efektem. Velmi často také jde o práce, jejichž výsledky nemají pouze lokální platnost, ale jsou použitelné v mnohem širších souvislostech. To je vcelku zřejmé, pokud jde např. o modelování celoplanetárních systémů proudění vzduchu a mořské vody. Již méně si ale uvědomujeme, že antarktické výzkumy mohou být užitečné i pro řešení řady problémů na mnohem detailnější úrovni, např. při poznávání molekulární podstaty adaptace a evoluce jednotlivých skupin organismů. Souvislost mezi rostoucím zájmem o výzkumy v Antarktidě a potřebami expandujícího základního výzkumu je zcela zřetelná.

Trochu historie

Se soustavným vědeckým bádáním v Antarktidě se začalo zhruba v polovině 20. stol. Hlavní výzkumné práce se zpočátku soustředily na poznání geologické stavby,

zalednění, fyzikálních procesů v atmosféře a biologie pobřežních vod. Studium teplotních ekosystémů bohužel nepatřilo mezi preferované výzkumné směry, což si lze do jisté míry vysvětlit malou atraktivitou druhově chudé flóry a fauny na nezaledněných místech, jejichž rozloha vzhledem k ploše celého kontinentu je vcelku zanedbatelná. Nicméně během několika desítek let se podařilo shromáždit údaje o výskytu hlavních zástupců autotrofních makroorganismů (mechů, lišejníků, kvetoucích rostlin) na většině významných lokalit a vyčlenit na jejich základě jednotlivé biogeografické oblasti.

Tato první průzkumná fáze probíhala vcelku nekoordinovaně a téměř bez naší účasti. Jedinou výjimkou byl výzkum antarktických řas a sinic, který již počátkem 60. let 20. stol. zahájil Jiří Komárek z Botanického ústavu tehdejší ČSAV. Od té doby se však mnohé změnilo. Přijetím dohod o mezinárodním statutu Antarktidy (Smlouva o Antarktidě z r. 1961 s řadou pozdějších dodatků) byla nejen zajištěna pro celý kontinent velmi přísná ochrana přírody, ale také vytvořena platforma pro mezinárodní vědeckou spolupráci. Koor-

dinací výzkumných aktivit byl pověřen nově ustavený výbor SCAR (Scientific Committee on Antarctic Research). Současně v tomto období docházelo v biologických vědách i v ekologii k dramatickému metodickému pokroku (např. široká aplikace molekulárních metod, vývoj počítačem řízených aparatur pro terénní měření faktorů prostředí i fyziologických procesů, matematické modelování ekologických systémů aj.), což umožnilo koncipovat a realizovat interdisciplinární projekty podstatně dokonalejším způsobem, než to dosud bylo možné.

Od poloviny 90. let zahájili i čeští vědci pracovníky komplexně pojatý výzkum v Antarktidě s finanční podporou Grantové agentury ČR a Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy. Dlouhodobější charakter mělo řešení výzkumného záměru Ekologie pobřežní antarktické oázy v letech 1999 až 2005 na několika pracovištích Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity v Brně (Geografický ústav, katedra fyziologie rostlin, katedra analytické chemie a katedra organické chemie), při kterém se podařilo skloubit výzkum strukturálních i funkčních charakteristik biotických složek (zejména druhové diverzity, fixace uhlíku a stresových reakcí) v několika odlišných typech vegetačních oáz na západním okraji Antarktidy s dlouhodobým monitorováním klimatických a půdních (edafických) faktorů.

I když při řešení komplexních projektů (našich i zahraničních) se kladl stále větší důraz na dynamiku procesů v ekosystémech vegetačních oáz, studium druhové rozmanitosti pokračovalo i nadále, zejména v nedostatečně probádaných taxonomických skupinách. Na monografickém zpracování antarktických jätrovek (*Marchantiophyta*) se z českých odborníků podílel Jiří Váňa z Přírodovědecké fakulty UK v Praze. Mimořádně významný z hle-

1 Celkový pohled na rozsáhlé nezaledněné území v okolí české antarktické stanice v severní části ostrova Jamese Rosse. Poloha stanice je vyznačena červeným kroužkem

2 Mapa Antarktického poloostrova a přilehlých ostrovů s červeně vyznačenými místy hlavního českého výzkumu vegetačních oáz. Orig. D. Nývlt



3 Instalace čidel a měřicí ústředny pro celoroční automatickou registraci mikroklimatu a radiačních toků v mechovém porostu (ostrov Galindez)

4 Meteorologická stanice na pravém okraji snímku a komory pro simulaci klimatické změny (vlevo) na náhorní terase ostrova Jamese Rosse s porosty mechů a lišejníků (tmavší skvrny mezi kameny)

diska přínosu do pokladnice světové vědy byl (a stále pokračuje) detailní výzkum druhové rozmanitosti a příbuzenských vztahů ve společenstvech fototrofních mikroorganismů (řas a sinic), prováděný pracovníky Botanického ústavu AV ČR, v. v. i., a Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. O antarktických řasách a sinicích bude podrobněji pojednávat závěrečný díl tohoto seriálu.

Ekofyziologický výzkum

V krajně nepříznivých podmínkách Antarktidy mohou přežít jen organismy velmi dokonale přizpůsobené k současnému vlivu celé řady stresových faktorů. V předcházejících příspěvcích bylo stručně naznačeno, jakým způsobem této vysoké odolnosti dosahují. Jsou to především fyziologické mechanismy a k jejich podrobnějšímu poznání přispěla nemalou měrou i česká vědecká obec. Experimentální práce v tomto směru s významnými druhy antarktických mechů a lišejníků prováděl především kolektiv pracovníků katedry fyziologie rostlin Přírodovědecké fakulty MU v Brně, a to jak přímo v terénu, tak i v řízených laboratorních podmínkách. Koncepte jejich práce vycházela ze známé skutečnosti, že stresové působení všech faktorů prostředí na fotoautotrofní organismy se dříve či později projeví ve změnách ústředního metabolického procesu – fotosyntetické asimilaci CO_2 , která spolu s respirační rozhoduje o jejich uhlíkové a energetické bilanci. Změny v rychlosti obou těchto procesů pod vlivem měnících se vnějších faktorů lze nejpřesněji určit z kontinuálního měření příjmu a výdeje CO_2 , které se podařilo úspěšně provádět i v drsných antarktických podmínkách. Kromě sledování celodenních chodů výměny CO_2 za klimaticky rozdílných dnů s cílem stanovit denní uhlíkovou bilanci se u stejných vzorků stanovovaly i „čisté“ funkční závislosti rychlosti fotosyntézy, tedy pouze na množství záření, na teplotě či na hydrataci asimilačních orgánů. Pozornost se věnovala také mezidruhovým rozdílům v časovém intervalu, za který došlo k úplnému obnovení funkčnosti asimilačního aparátu vyschlých stélek lišejníků a mechů po nasycení vodou. Získané výsledky poskytl cenné vstupní údaje pro připravované predikční modelové výpočty dlouhodobé uhlíkové bilance (a tedy i „prosperity“) jednotlivých druhů za různých scénářů možných změn klimatu, ale současně byly užitečným podkladem pro další analýzy nalezených mezidruhových rozdílů v reakcích na jednotlivé stresové faktory či v rychlosti regenerace po jejich působení.

Pro tuto následnou hlubší analýzu se s výhodou využil principiálně odlišný biofyzikální přístup ke stanovení fotosyntetické aktivity, založený na analýze sig-



nálu indukované fluorescence chlorofylu (fluorometrie). Nasazení několika typů moderních aparatur pro tato měření (fluorometrů) v průběhu expedice do Antarktidy, společně s další špičkovou měřicí technikou pro monitorování mikroklimatických faktorů, hydratace a optických vlastností (spektrální odrazivosti) stélek lišejníků a mechů, umožnilo získat řadu unikátních výsledků, které vzbudily mezinárodní uznání. Z nich lze uvést např. sledování plošné heterogenity fotosyntetické aktivity korových lišejníků *in situ* (na skalnatém podloží) v průběhu denního hydratačního cyklu pomocí speciální fluorometrické kamery vyrobené v brněnské vývojové firmě PSI, či přesné stanovení kritických hodnot stavu vody (v jednotkách jejího chemického potenciálu) ve stélkách lišejníků a v lístcích mechů, při kterých dochází k úplné inaktivaci fotosyntézy. Podařilo se též dokázat, že i u antarktických druhů lišejníků v hydratovaném stavu existuje reálné nebezpečí poškození asimilačního aparátu nadměrným slunečním zářením, k čemuž může dojít za jasných dnů u stélek smáčených vodou z tajícího sněhu. Na

terénní práce navazovaly laboratorní biochemické analýzy vzorků vegetace, zejména stanovení obsahu asimilačních a ochranných pigmentů, ale také antioxidačních sloučenin, podmiňujících vysokou odolnost ke stresům.

Výzkum vlivu dlouhodobých změn klimatu na vegetační oázy

Ve stále častějších debatách na téma globální klimatické změny se obvykle věnuje zvláštní pozornost polárním oblastem, kde by její projevy měly být velmi výrazné. I když dosud pozorované změny jsou na jižní polokouli menší než na severní (s výjimkou destrukce stratosférického ozonu), přesto existují, zejména pak ve vegetačně nejbohatší oblasti Antarktického poloostrova. Meteorologická měření prováděná na tamějších britských výzkumných stanicích dokumentují postupný vzestup průměrné teploty ve vegetačním období o více než $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ za uplynulých 50 let a většina modelů globální cirkulace předpovídá pokračování tohoto trendu. Velmi dobře je zdokumentováno rozšiřování porostů obou antarktických druhů semenných rostlin



5, 6 Náhlé zvraty počasí jsou v Antarktidě časté a značně komplikují terénní práce nejen botanikům. Na obrázku vlevo je okolí české stanice za hezkého letního dne, vpravo pak pohled na stejnou krajinu o několik dní později po náhlé sněhové bouři. Snímky J. Glosera

v souvislosti se zvyšující se teplotou a zrychlené odtávání některých pobřežních ledovců.

Klimatické podmínky ve všech oblastech Antarktidy jsou nicméně pro terestrické organismy stále hraniční, tedy hodně vzdálené od optima, takže lze očekávat velmi silné reakce biotické složky ekosystémů na jakoukoli budoucí klimatickou změnu. Vzhledem k tomu, že terestrická společenstva jsou v Antarktidě velmi jednoduchá (z hlediska počtu druhů, plošné hustoty jedinců a životních forem), jsou jejich změny relativně snadno sledovatelné. K tomu přispívá i velmi malé množství vzájemných vztahů mezi organismy.

Změny klimatu a jejich dopad na terestrické ekosystémy lze zkoumat buď pouze observačně, tedy dlouhodobým monitorováním počasí v síti vhodně vybavených meteorologických stanic a současným sledováním populační dynamiky v trvalých plochách s reprezentativními vzorky rostlin, lišejníků a jiných organismů, anebo po uměle navozených změnách mikroklimatu na vybraných ploškách. České výzkumné aktivity v Antarktidě zahrnují oba tyto přístupy. Automatické měřicí ústředny vybavené vhodnými čidly pro celoroční záznam lokálních klimatických charakteristik i mikroklimatu ve vegetační vrstvě (obr. 3) jsou trvale instalovány jak na teplejší a srážkově bohatší západní straně Antarktického poloostrova (ostrov Galindez), tak i na ostrově Jamese Rosse, který leží ve srážkovém stínu. Zvláštní pozornost se věnuje registraci toků jednotlivých složek záření (ultrafialové, fotosynteticky aktivní, dlouhovlnné) a výpočtům radiční bilance, vycházejícím z režimu globálního a odraženého záření a zahrnujícím i výměny energie v infračervené oblasti.

Při experimentálním přístupu ke studiu možného dopadu klimatické změny na biologické systémy se nejčastěji vybrané plošky ohraničují nízkou stěnou z prů-

hledného materiálu. Uvnitř těchto expozičních komor s otevřeným vrchem (open top chambers) bývá teplota dlouhodobě zvýšená ve srovnání s teplotou na srovnávací nechráněné plošce. Komory tohoto typu, vybavené trvalou registrací mikroklimatických faktorů, byly instalovány v uplynulých dvou letech i na několika odlišných částech ostrova Jamese Rosse (obr. 4). Zvýšení průměrné teploty v přízemní vrstvě vzduchu v jednotlivých komorách během první sledované vegetační sezony se pohybovalo od 1,6 do 2,5 °C. Rozdíly ve změnách vegetační pokrývky v komorách a na srovnávacích ploškách se budou průběžně vyhodnocovat v dalších letech.

Česká stanice jako významný mezník v historii našich výzkumných aktivit

Soustavnou vědeckou práci v Antarktidě nelze provádět bez vazby na vhodně vybavenou terénní stanici. Značná část našich výzkumů se realizovala formou hostování na stanicích jiných států, především na ostrově Krále Jiřího a na ostrově Galindez. Získat souhlas s pobytem na cizích stanicích je však obtížné a poplatky za pobyt jsou dost vysoké. Hlavně však nelze dobře provádět dlouhodobě koncipovaný výzkum, protože jeho materiální zabezpečení pro víceleté období je obvykle nejisté. Především tato skutečnost vedla ke snahám vybudovat stanici vlastní. Přes mnohé problémy se získáním souhlasu signatářských států Smlouvy o Antarktidě, se zajištěním finančního krytí stavby a s výběrem vhodné lokality byla stanice v r. 2007 otevřena a pokřtěna jménem J. G. Mendela.

Česká výzkumná stanice je umístěna na pobřežní terase (obr. 1) v severní části ostrova Jamese Rosse, který leží východně od Antarktického poloostrova (obr. 2). Celý ostrov je mimořádně zajímavý z mnoha hledisek (včetně výzkumu terestrických ekosystémů) a přitom dosud velmi málo probádaný. V blízkém okolí stanice se rozkládá rozsáhlé nezaledněné území o ploše několika desítek kilometrů čtverečních, tvořené jak sedimentárními horninami rozmanitého stáří, tak i horninami vulkanickými. Nalezneme tam i několik sladkovodních jezer různého typu. Klimaticky jde o oblast s největší pravděpodobností značně sušší a chladnější ve srovnání

s návětrnou stranou Antarktického poloostrova. S měřením klimatických faktorů se však teprve započalo, a tak nelze provést uspokojivé srovnání.

Vegetační pokrývka na odledněném území ostrova Jamese Rosse není zdaleka tak nápadná jako na ostrovech západně od Antarktického poloostrova, ovšem druhová bohatost je poměrně vysoká, což do značné míry souvisí s obrovskou rozlohou nezaledněných ploch. Proto se také v současné době upustilo od původního začlenění tohoto území do biogeografického celku druhově chudé kontinentální Antarktidy a bere se jako součást chladnějšího jihozápadního sektoru maritimní Antarktidy.

Celé území ostrova a širšího okolí je velmi atraktivní nejen pro botaniky a hydrobiology, ale i pro geology a klimatology, kteří dosud odvedli největší kus průzkumných prací. V dalších letech by byla velmi potřebná hojnější účast pracovníků i z jiných oborů, např. mikrobiologů a zoologů, na své by si přišli i paleontologové vzhledem k nezvykle velkému množství nalezišť fosilií. Díky substrátové rozmanitosti i rozdílnému stáří hornin (které je dobře datováno díky podrobnému geologickému průzkumu) nabízí celá oblast jedinečné podmínky i pro studium tvorby půd, pedochemie a pedobiologie.

Lze jen doufat, že se podaří velmi slibně započat výzkumné práce v nejzajímavější západní části Antarktidy, podpořené neobyčejně cenným zázemím české vědecké stanice, skloubit do ještě komplexnějších multidisciplinárních projektů a zabezpečit jejich kontinuitu stabilní systémoveou formou správy a materiálního zabezpečení provozu stanice.

Závěrem bych rád čtenáře upozornil na internetový zdroj dalších informací o českých výzkumných aktivitách v Antarktidě (včetně mnoha fotografií a videonahrávek) na adrese: www.national-geographic.cz/projekty/antarkticky-projekt.