

Klima a budoucnost našich lesů



Akademie věd
České republiky



věda
kolem
nás
výzvy
a otázky

117

Geologický ústav AV ČR, v. v. i., patří mezi akademická pracoviště středního rozsahu. Jeho odborná náplň se vyvíjela celá desetiletí. Z původního užšího zaměření na geologii a paleontologii střední Evropy se vyvinul dnešní mnohem širší záběr, týkající se obecných zákonitostí poznávání geologických procesů, paleoekologie, výzkumu klimatických a environmentálních změn v nedávné geologické minulosti i celé řady dalších otázek. Ústav je dělen do několika výzkumných oddělení a servisních laboratoří.

Oddělení geologických procesů se zabývá komplexním studiem procesů, které v minulosti působily a dosud působí v litosféře, tedy v zemské kůře a svrchní části zemského pláště. Analýza látkového, fyzikálního a biologického záznamu zachovaného v dostupných horninách umožňuje popsat dynamiku velkých litosférických bloků v minulosti, rekonstruovat teplotní, tlakový a časový vývoj velkých horninových celků včetně vývoje sedimentárních pánví od starších prvohor až do současnosti.

Oddělení environmentální geochemie a geologie je zaměřeno na studium dynamiky chemických prvků v životním prostředí, hornin a procesů probíhajících zejména v kenozoiku a v nejmladší geologické minulosti. Základní pozornost je věnována studiu klimatických oscilací, změn prostředí a ochraně krajiny, především ve středoevropském prostoru. Důležitou součástí studií jsou zejména současné změny a trendy v oběhu vybraných ekologicky významných prvků vyvolané činností člověka a klimatickými oscilacemi. Cílem prací je získat široký syntetizující pohled na chemické aspekty vývoje středoevropského přírodního prostředí a na jeho současný stav. Výsledky výzkumu slouží nejenom k poznání obecných zákonitostí vývoje klimatu a prostředí, ale také jako podklad pro rozhodování o strategii a péči o současnou krajinu, půdní pokryv a životní prostředí jako celek.

Oddělení paleobiologie a paleoekologie je zaměřeno na studium fosilního prostředí, společenstev organismů a fosilií obsažených v horninovém záznamu. Výzkum je soustředěn na paleoekologické charakteristiky dávných prostředí, dynamiku vzniku, vývoje a zániku společenstev organismů, tedy na procesy vymírání, geologických katastrof i transformací životního prostředí. Velká pozornost je věnována evoluci organismů a jejich vazbě na proměny klimatu a prostředí. Rovněž je sledováno rozšíření organismů na souši i v oceánu a získané výsledky slouží k přesnější definici jednotlivých vývojových etap, tedy ke stratigrafii.

Věk černých labutí

Posledních několik let často hovořím s praktickými lesníky o vlivu klimatické změny či stavu lesních půd na budoucnost našich lesů. Les totiž plánujeme na nejméně 80 let dopředu a rozsáhlé holiny po dosud neukončené kůrovcové kalamitě nám zřetelně kladou otázku, jaký typ lesa by měl nahradit smrkové případně borové porosty? Na jednu stranu je budoucnost stále méně odhadnutelná, ale také je nutné pro stávající diskuzi vycházet jak z pozorování současného stavu počasí, tak i z klimatických scénářů budoucnosti. Cílem této statí je proto především poskytnout přehled o přírodních procesech, které formují a nadále budou formovat tvář české a moravské krajiny.

Situace poslední doby sice mohla být ovlivněna koronavirovou epidemií, která vedla ke znejistění našeho obrazu světa, ale nikdy v posledních třech desetiletích jsem mezi profesionálními meteorology a klimatology nepozoroval takovou míru překvapení a obav. Typicky se projevují slovy: „přišlo to dříve, než jsme čekali“; „rychlost a intenzita procesů nás zaskočila“; „v posledních letech pozorujeme obrovské zrychlení meteorologických událostí“ (viz např. klimatická zpravodajství v rubrice Reel stanice BBC, *The Guardian*, *The Conversation* aj.).

Společným rysem těchto událostí je intenzita a neočekávanost. Nassim Taleb v jedné z nejvlivnějších knih 20. století *Black Swan* (*Černá labuť*) z roku 2007 nazývá černou labutí nepředvídatelné změny, které mají obrovský dopad na lidskou společnost. Mohou být jak pozitivní jako v případě antibiotik či internetu, tak negativní jako u finanční krize roku 2008. Lidé obvykle předpokládají, že kdybychom přírodní, sociální či ekonomické proměny studovali lépe, tak bychom dokázali příchod událostí odhadnout a změnit jejich kurz. Taleb naopak říká, že z povahy věci jsou neodhadnutelné a že máme tolik intelektuálních a politických předsudků, že i když k nim dojde, tak je nedovedeme vysvětlit a utápíme se v diskuzích.

Místo toho navrhuje jinou strategii, kterou nazývá robustností, což je schopnost systému překonat změnu. K pojmu se v závěru článku vrátíme, ale nahradíme jej podobným slovem *resilience* – odolnost. Pokud máme podezření – a to je dnes prakticky všudypřítomné – že se blíží nějaká další černá labuť, je nutné volit odlišnou strategii dalšího rozvoje. Podle Taleba, který se rovněž zabýval finančnictvím, je nejvhodnější činková strategie (*barbell strategy*). Ta spočívá v tom, že 80–85 % prostředků ukládám tam, kde sice není nejvyšší zisk, ale dá se očekávat dlouhodobě stabilní výnos, a zbylých 15–20 % investuji do krátkodobých, rizikových projektů, které slibují velké zisky, ale nevylučují ztráty.

Dílčí závěr: Je možné, ale nepředpověditelné, že nějaká velká změna je „ve vzduchu“. Místo diskuzí a dohadů o jejím průběhu (či dokonce hledání viníků) je rozumnější snažit se vybudovat takový systém, v našem případě les, který bude změnám lépe odolávat. Jako strategii pro nové lesy je snad možné doporučit ne nejziskovější, ale nejstabilnější typ lesa, tedy smíšený les, ovšem navržený konkrétně pro dané místo. Zároveň je vhodné investovat 10–15 % prostředků do experimentů s novými dřevinami či novými technologickými postupy. Např. v USA a Kanadě se do stále dražších OSB desek zpracovávají rychle rostoucí, „energetické“ dřeviny, jako je osika či topol.

Jak se globální klimatická změna promítá do místního klimatu?

Pro porozumění tomu, co se dnes děje, je nutné uvést několik čísel a základních procesů. V průběhu většiny holocénu pozorujeme základní klimatickou stabilitu, která je dána tím, že množství tepla, které povrch Země od Slunce přijme, se opět vyzáří do prostoru. Tato rovnováha vždy byla narušována např. sopečnými výbuchy, které obvykle po dobu 1–3 let odstínily část slunečního záření. Výsledkem byly nejenom studenější, ale také vlhčí roky, kdy obilí hnilo na polích. Ještě závažnější byly proměny v množství dopadající sluneční energie. To závisí na vzájemné pozici Země a Slunce a rovněž na vnitřních solárních cyklech, z nichž nejlépe je pozorovatelný 11letý, respektive 22letý cyklus. Oba cykly byly poprvé doloženy při dendrometrickém stanovení tloušťky letokruhů. Je to tím, že zhruba 10–11letá perioda odpovídá rokům s vyššími srážkami, kdy stromy rostou lépe, ale také hrozí povodně. Tato závislost se projevila v roce 2002 a o 11 let později v roce 2013 a pochopitelně můžeme uvažovat o poněkud vyšším povodňovém riziku kolem roku 2024.

Kromě toho existuje celá řada delších cyklů, které však mívají „kulhavý“, tedy nepřesný průběh. Projevují se např. poklesem primární produktivity (méně obilí) a mohou vést k civilizačním potížím či kolapsům. Jedná se zejména o diskutovaný Bondův

Rozpadající se bučina na hradišti Baba nad Vltavou v rámci Staré obory u Hluboké (foto V. Čilek)



cyklus s periodou 1500 let či jemu podobný halštatský cyklus. Z dlouhodobého hlediska byla rovnovážná bilance záření dopadajícího a opět odcházejícího do vesmíru udržována vcelku stabilní koncentrací skleníkových plynů. Antropogenní zvyšování koncentrace vede k dodatečnému zadržování asi 1–4 wattů na čtvereční metr. Většina tohoto tepla, asi 90 %, se ukládá do horních 2 km oceánu a dvě třetiny tohoto množství do horních 700 m (aktualizované údaje viz Ocean Heat Content, NOAA). Čím bude oceán teplejší, tím méně tepla bude ukládat. Teplejší oceán proměňuje směry mořských proudů a intenzitu a směr větrů. I kdybychom dnes přestali planetu „ohřívat“, bude oceán vychládat další desítky až stovky let. Tepelný základ planety je proto vyšší, než tomu bylo před rokem 1970.

Teplejší oceán má další významný dopad. Odpaří se z něj víc vody. Klimatická studie pro Británii, která je obklopená mořem, proto předpokládá, že povodně budou nejenom asi 7× častější(!), ale také až o 50 % větší, a to jak v množství spadlé vody, tak v dosažené maximální výšce povodňové hladiny (viz průběžné údaje Met Office, Extreme climatic events; významná studie: každoroční State of UK Climate). Česká republika leží uprostřed kontinentu mezi vlivem jižního mediteránního, vysušujícího se klimatu a polskými a německými nížinami na severu se zvyšujícími se srážkami a silnějšími větry. Větry směřující od oceánu poměrně rychle ztrácejí na rychlosti a část vody cestou vyprší, takže vnitřek evropského poloostrova je před extrémní počasí do určité míry chráněn.

Přesto je nutné uvažovat o světě, kde již nebudou platit výškové údaje např. o stoletých povodních. Pokud v Anglii ze směru, odkud do střední Evropy přichází většina větrného proudění, uvažují o 7× častějších povodních a zvýšení jejich kapacity kolem 50 %, tak u nás bychom hrubým odhadem měli uvažovat o 3× častějších povodních a kapacitě o 30 % vyšší. Zatím to však vypadá, že klimatická změna způsobí větší než dosavadní klimatické rozdíly a zejména Jižní Morava se jako výběžek panonských nížin víc posune k „mediteránnímu“ klimatickému typu, kde sice celoroční srážky jsou srovnatelné s okolními zeměmi, ale nastává výrazné letní sucho.

Dílčí závěr: klimatická změna už nastala a velmi pravděpodobně bude mít akcelerující vzestupný trend, který se v příštích desetiletích nepodaří zastavit, ani při omezování emisí a dekarbonizační politice EU. Současný svět je teplejší přibližně o 1,2 °C oproti roku 1890 a o 0,8 °C oproti roku 1980, a to při nižší sluneční aktivitě. Ke zvýšení teploty o 2 °C může dojít již v roce 2040–2050, tedy za života většiny našich stromů. Je proto nutné uvažovat o takovém typu lesa, jaký obstojí např. v Zadunajském středohoří (Pilišské vrchy) u Budapešti nebo na Cerové vrchovině u Fílkova, což jsou oblasti už dnes teplejší o zhruba 2 °C.

Co můžeme říct o klimatických extrémech a jejich vlivu na les?

Setrvalé extrémní počasí: Při analýze počtu rekordních teplot a srážek v Evropě se ukázalo, že rekordy týkající se horkého počasí jsou dvakrát častější než rekordy z chladného počasí. Dochází a bude docházet k obojímu, ale vlny veder jsou naléhavější. Hlavním meteorologickým mechanismem je tzv. blok omega, při kterém dojde ke zpomalení vysokého a rychlého větrného proudění a nad určitou



Lesní půda je „černá skříňka“, do které není vidět, ale přesto se v ní odehrávají pochody, které jsou pro život stromu rozhodující. Patří mezi ně složité mikrobiální a mykorrhizní vztahy, které se týkají nejenom transportu vody, fosforu a dalších prvků, ale i biologické ochrany stromu. Pod povrchem půdy roste podle typu lesa zhruba polovina biomasy stromu, ale u teplomilných doubrav a obecně rozvelněných lesostepí to může být i víc než dvojnásobek (Foto V. Čilek)

oblastí dlouhodobě panuje horké, suché počasí, zatímco na obvodu „dómu vedra“ dlouhodobě prší. Vedle sebe na přibližně stejné rovnoběžce s rozdílem jen 200–400 km tak můžeme pozorovat oblasti postižené suchem i povodněmi (databáze NOAA, zejména Climate.gov, Drought.gov).

K nejpřekvapivějšímu vývoji došlo počátkem července 2021 v Kanadě, kdy v městečku Lytton bylo naměřeno 49,6 °C a město i s okolím o ploše 80 km² o pár dní později lehlo popelem. Oblast přitom leží na stejné rovnoběžce jako střední Čechy a několikaleté teploty nad 40 °C byly pozorované až k 60° rovnoběžce, což by v případě Evropy znamenalo zhruba na úroveň Osla. Vysoké teploty naměřené nejenom v Grónsku, ale i na obrovských plochách Sibiře, způsobily v posledních dvou letech jedny z největších historicky zaznamenaných požárů. V jižněji položených oblastech, jako je Kalifornie či oblasti kolem Středozemního moře, je dlouhodobá situace ještě mnohem horší, protože se projevuje spíš desítkami až dvěma stovkami menších požárů.

Ve světle těchto údajů musíme v následujícím desetiletí počítat s tím, že teploty v nížinách a pahorkatinách celé ČR mohou po dobu několika dní až dvou týdnů (či déle, protože bloky omega mohou setrvávat 4–6 týdnů) dosáhnout 35–40 °C. Co to bude znamenat pro náš les? Po pravdě řečeno nevíme, protože bude záležet na tom, zda vyšší teploty přijdou do lesa, kde půdy pojalý velké množství vody, takže les nejenom nebude trpět suchem v hlubším půdním horizontu, ale „uchladí“ svoje mikroklima. Úplně jiná situace ale může panovat např. v borových lesích na vysychavém pískovcovém substrátu severních Čech (www.climate.nasa.gov; metoffice.gov.uk; zejména důležité je www.intersucho.cz).

Přívalové srážky a „povodeň na kopci“: Rok 2021 přinesl v USA, Číně, Německu a Belgii i na jiných místech světa naprosto nečekané přívalové povodně. Voda vystoupala tak rychle (na německé lokalitě 2 m za 9 minut), že se nejvíc lidí utopilo ve vlastních sklepích a v USA ve vlastních autech. Srážky i požáry často mají stejnou příčinu, kterou je vysoká teplota. Pokud se teplota zvýší jen o 1 °C, vzduch do sebe pojme o 7 % větší množství vodní páry, takže nikterak mimořádné několikadenní teploty vyšší o 10 °C, než je v oblasti běžné, zvýší množství vody v atmosféře na dvojnásobek.

Klasická povodeň vzniká tak, že delší dobu prší, zvedají se hladiny řek, ty stoupají a zaplavují své okolí. Tato povodeň přichází od údolí směrem nahoru. Můžeme ji označit jako povodeň z údolí. Bouřky a deště z vysokých teplot naopak vytvářejí „povodeň na kopci“. Typické pro ni je, že vzniká na širokých svazích mírně nakloněných údolí, které mají velkou plochu, ale vodu svádí do místní, obvykle nepatrné vodoteče, kde průtok z obvyklých několika litrů za sekundu může vzrůst na desítky kubických metrů za sekundu, a to během necelé hodiny, někdy stačí jen 15–20 minut. Vzniká tak „povodeň na kopci“, která naprosto překvapí obyvatele ve svahu výše položených domů stojících podél nějaké malé a mírné vodoteče, kde nikdy nebyla zaznamenána velká povodeň. Povodeň na kopci poté, co postihla v létě 2021 osady v údolích zejména Rýna a Mosely a zanechala za sebou skoro 200 mrtvých, odtekla do řeky, takže na dolním toku Rýna v Holandsku se již jednalo o předvídatelnou, pomaleji stoupající povodeň z údolí.

Dílčí závěr: Ani v tomto případě není úplně jasné, co tento trend znamená pro náš les, protože každé údolí se za povodně, a zejména přívalové povodně,

chová jinak. V každém případě je vhodné zkontrolovat stav mostků a propustí, zejména s ohledem na to, zda se nemohou ucpat splaveným dřívím. Je-li to možné, je zejména v horkých letních měsících, kdy je nebezpečí bouřek největší, třeba dávat pozor, kde skladují dříví a lesní techniku. Nevhodně vedené či neudržované lesní cesty se mohou měnit na koryta přívalových dešťů a vyplavit níže ležící domy.

Silné větry: Aby mohla molekula vody opustit vodní hladinu, potřebuje mít určitou kinetickou energii. Čím je kapalina teplejší, tím se molekula pohybuje rychleji a má větší šanci opustit kapalinu. Tomu pomáhá i vítr, který odnáší molekuly vodní páry dál od zdroje. Když potřebuji ohřát 1 kg vody o 1 °C, musím dodat jen 4,2 kJ, ale pokud se má voda odpařit, je spotřeba mnohonásobně větší – na přeměnu 1 kg vody na vodní páru při teplotě varu je nutné vydat 2256 kJ tepla. Teplo k tomuto procesu bylo získáno ze slunce, ale vodní pára je ve skryté, latentní formě přenáší dál. Pára je lehčí než vzduch, proto stoupá a ve větších výškách se ochlazuje. Tím z vodní páry vznikají kapičky a z nich oblaka. Běžný vítr přenáší globálně kolem 50 % energie, mořské proudy jen kolem 20 %, ale velké cyklóny až 30 %. Při kondenzaci vodní páry se získané teplo opět uvolní a zahřeje své okolí. Pára opět stoupá nahoru a tím bouřkový mrak roste do výšky. V případě tropických bouří vystoupá do výšek 12–15 km,

Na území mezi Hradčanskými stěnami a Bezdězem se zachovaly rozsáhlé porosty borové tajgy, které pochází ještě z konce doby ledové. V posledních letech sledujeme, jak odumírají borovice na rozhraní jižních a středních Čech a jak se tato vlna posouvá stále víc na sever, ale přesto zasahuje jen některé porosty, zatímco jiné mohou odolat a stát se základem nových lesů (foto J. Jiroušek)



kde mrakem začnou otáčet Coriolisovy síly (ty jsou následkem rotace Země) a vzniká velká kruhová struktura hurikánu, ve které větry překračují rychlost 120–240 km/hod.

Podstatné na celé věci jsou dva údaje. Hurikány potřebují teplotu moře nejméně 26,5 °C a něco podobného platí i pro velké vnitrozemské bouřky. Druhý údaj je ten, že kondenzací vodní páry se uvolňuje obrovské množství původně sluneční energie transformované a přemístěné odparem a prouděním větru. Česká bouřka může proto mít energii získanou ještě nad Středozemním mořem. Pro velké tropické bouře tato energie odpovídá asi 200násobku výroby energie ve všech elektrárnách na světě. Jedná se o energii, která se několik dní či týdnů postupně kumulovala na velké ploše oceánu či v menší míře nad pevninou a pak se vybijí během několika desítek minut zejména v první části bouře doprovázené intenzivní průtrží mračen (v angličtině je slovo *downpour* srovnáváno s převržením vědra s vodou).

K nejrizikovějším povodňovým situacím, někdy s vichřicí či kroupami, dochází při jihovýchodním proudění, kdy nad naše území, zejména nad Moravu, dorazí bouře, někdy tzv. „vlak bouří“, jejichž energie a množství srážek se nahromadily ještě nad Atlantikem či nad východním Středomořím. Rychlým tempem se otepluje, protože výměna vody přes Dardanely a Bospor je oproti Gibraltaru mnohem menší. Je proto třeba zvážit velikost pasečných ploch ve prospěch např. šachovnic nebo pásů lesa a etážovitost porostů zpomalujících vítr na okrajích mýtin. Pokud parkujete s technikou blízko domu, tak je možné mít např. v předsíni koberec, který v případě krupobití přehodíte přes automobil.

Dílčí závěr: Pro český a moravský les z toho vyplývá jednoznačný závěr, ostatně podporovaný klimatickými scénáři pro Německo a severní Evropu. Počet a síla silných větrů bude růst. Podle pozorovaných dat (průběžně EOS – Earth Observing System – NASA, družice Aqua) a jejich interpolací se může jednat až o několikanásobnou frekvenci a zvýšení rychlosti větru o 10–20 %. Tyto větry nad pevninou rychle slábnou, takže většina silných větrných bouří, které se budou odehrávat západně a severozápadně od území ČR, bude u nás mít mnohem mírnější průběh, ale některé události naše území zasáhnou. Přitom i místní bouře ze dne 24. července 2021 dokázala nedaleko Temelína porazit tři stožáry vysokého napětí (400 kV), které oproti stromům mají jen malou plochu, ale sahají výš, kde rychlost větrů není tak omezena třením na vegetací pokrytém povrchu. Přesto se jednalo o šokující připomínku možného budoucího vývoje, kterou veřejnost téměř nezaznamenala, protože výpadek jednoho bloku (asi 10 % spotřeby všech domácností v ČR) byl kompenzován druhým blokem a hlavním dopadem bylo, že plánovaná odstávka začala o týden dříve.

Eutrofizace prostředí a stav lesních půd

V současných lesních půdách pozorujeme tři hlavní, společně působící negativní procesy, které ve svých důsledcích vedou samy o sobě i bez působení klimatických změn v lesích severní polokoule k oslabení porostů:

- Okyselení půd zděděné z doby neodsířených teplených elektráren se sice snižuje, ale působí a další desítky let na středně úživných substrátech (např. žuly, ruly a obecně krystalické horniny) bude způsobovat větší vymývání prvků, jako je draslík či hořčík, než je jeho doplňování ze zvětrávajících hornin.

- Nadbytek dusičnanů v půdách ničí savou, drobtovitou strukturu a mění ji na amorfni či písčitou. Do ní jsou z vyššího horizontu splavovány jemné jílové minerály, které v hloubce kolem asi 30 cm vytvářejí hutnější polohu tzv. „dešťové pasti“. Tím se omezuje však do hlubších horizontů. Výsledkem je krajina, která plošně ztrácí schopnost zadržovat vodu. Jdeme do lesa dva tři dny po větším dešti a zjišťujeme, že je sucho. To je hlavně výsledek tvorby dešťové pasti. Nicméně tato hydrologická situace některým dřevinám, např. smrku s mělkým kořenovým systémem, nahrává a obilí vesměs nevádí.
- Eutrofizace je nadbytek živin včetně nedostatkového fosforu, nitrifikace je nadbytek reaktivního dusíku, zejména oxidů dusíku a dusičnanů. Nitrifikace vzniká jednak splachy a degradací syntetických hnojiv, jednak vznikem oxidů dusíku produkovaných spalovacími motory zejména automobilů. Ani u jednoho z těchto zdrojů nemůžeme očekávat významnější redukci, protože díky umělým hnojivům produkuje 45–55 % potravin.

Situace je příliš složitá, než aby na tomto místě mohla být popsána, ale v zásadě dusičnany ve srážkové vodě výrazně narušují mykorhizní vztahy v zemědělských a lesních půdách. Na nich závisí nejenom transport živin a vody, ale symbiotické houby také chrání rostlinu před invazními druhy patogenů. Současná situace, kdy se dřív neznámí či málo vlivní škůdci stávají nebezpečím pro jednotlivé druhy

Nebezpečí větrných polomů se dá částečně eliminovat vytvářením pásů či šachovnic. Vznikají tak výškové rozrůzněné, nestejnové porosty; hřeben Krušných hor (foto J. Jiroušek)



stromů, je jen částečně zaviněná klimatickými změnami; velmi významný je vliv nitrifikace prostředí a narušení půdního edafonu.

Dílčí závěr: současný stav lesních půd je výsledkem procesů, které působí celá desetiletí či ještě déle a patří mezi ně např. acidifikace způsobená velkoplošným pěstováním smrku či spalováním uhlí. Náprava není ani jednoduchá, ani krátkodobá. Pomáhají meliorační dřeviny a kyprá lesní hrabanka schopná pojmout větší množství vody. I zde je nutné zdůraznit, že každé stanoviště vyžaduje poněkud odlišný přístup, takže podat nějakou jednotnou metodiku je nejenom nemožné, ale často i škodlivé.

Resilience jako obrana před smíšenými riziky

V klimatických analýzách se v poslední době stále častěji objevuje sousloví *compound events*, tedy smíšené události, které vedou k téměř současnému uplatnění několika různých až protikladných rizik. Typicky se jedná o vlnu veder, která způsobí lesní požáry, následovanou povodněmi. Pokud víme, že jsme ohroženi, ale „útočníků“ je příliš mnoho či bojují velice různými strategiemi, obrana spočívá v resilienci. Resilience je pružná odolnost. Je to např. schopnost lesa vrátit se na místa zničená požárem či jinou kalamitou. Dnes se koncept resilience používá v široké škále možností od psychologické resilience, která se zkoumá např. už u dětí ve školkách, až po energetiku, zásobování vodou či fungování NATO. Celé problematice jsme věnovali kolektivní knihu *Věk nerovnováhy* (Academia, Praha 2019).

Resilience má různá měřítká od EU a národních strategií až po lokální měřítko, kdy např. obec má dva zdroje vody. V případě lesa bude rozhodující místní strategie, protože žádný jednotný návod neexistuje. Jak dobře vystihl Martin Polívka z České lesnické společnosti: „*Les nelze spoutat do jedné šablony.*“ Základem lokální resilientní strategie je projít si svěřené území a představit si, jak se může chovat za požárů, přívalových dešťů, silných větrů či delšího sucha. Resilience má však ještě podstatný aspekt, a tím jsou lidé. Jedno z úsloví říká, že „*lesnictví není o lese, ale o lidech*“. Znamená to, že stabilní a zároveň resilientní by mělo být i manažerské a sociální prostředí, ve kterém se péče o les odehrává. Tato neméně důležitá, jakkoliv kontroverzní tematika však není předmětem této brožury.

Opatření, která by mohla zmírnit dopady klimatických změn

Již bylo řečeno, že každé území, každý les je svým způsobem individuální a vyžaduje poněkud odlišný přístup. Zároveň se rychle proměňují očekávání společnosti, která ještě před rokem od lesa žádala hlavně mimoprodukční služby, zatímco v době psaní tohoto článku (podzim 2021) jedna část společnosti ještě radikálněji volá po dekarbonizaci, zatímco „praktici“ jsou zaskočení růstem cen zejména stavebního dřeva, čímž naopak vzniká poptávka po produkčních lesních funkcích. Již v úvodu bylo řečeno, že základní události, které nakonec formují přírodní, sociální a ekonomické prostředí, jsou z povahy věci nepředpověditelné. To znamená, že sice existují odhadnutelné trendy, ale nevíme, jak se budou kombinovat. Jaká opatření by za této nejisté situace neměla škodit:



Severská tundra v nejvyšší části Krkonoš přechází do porostů kleče a přirozených horských smrčín.
Pohled od Kozích hřbetů směrem k Luční hoře a ke Sněžce (foto J. Jiroušek)





Co vlastně od lesa očekáváme? Ještě nedávno to bylo hlavně palivové a stavební dřevo, pak nastalo období, kdy byly zdůrazňovány mimoprodukční funkce a v posledním roce (2020-2021), kdy ceny stavebního dřeva vzrostly až na trojnásobek a kdy si uvědomujeme, že palivovým dřevem topí 23 % domácností (zhruba milion domácností), kterým může odpadnout další tuhé palivo - uhlí a brikety -, se opět vracíme k lesu jako materiálnímu zdroji. V každém případě bude budoucnost stále diferencovanější a budeme potřebovat jak les jako místo účty a regenerace, tak i hospodářské porosty poskytující dřevo.

Karlův hrádek u Purkarce (foto V. Čilek)





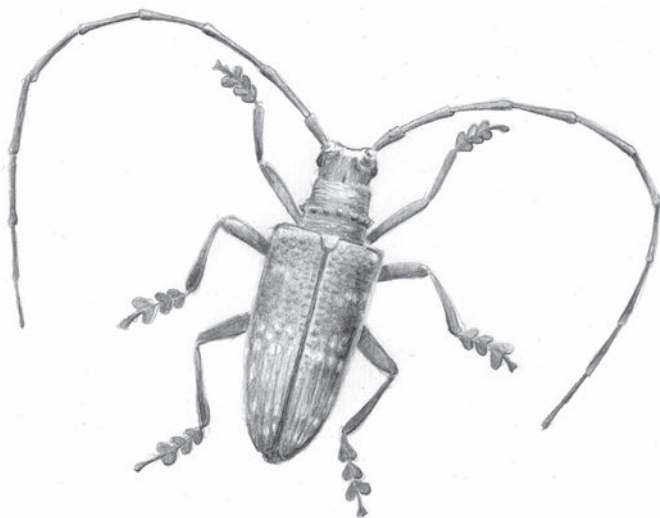
Vítězem kůrovcové
kalamity se zdánlivě
stává bříza, ale platí
to jen na některých
územích (foto V. Cílek)

- Strategie v dobách setrvalého růstu může být zaměřena na zisk, ale v nejistých dobách víc na stabilitu (85 %) a zároveň na experimentování s budoucností (15 %), a to jak na nové dřeviny, tak na nové technologie. Nejstabilnější je smíšený les navržený podle místních podmínek. Experimentem může být i pěstování smrku v menších skupinách.
- Základním přístupem se v době obtížně definovatelných rizik stává pružná, dynamická odolnost – resilience jako schopnost fungovat v široké škále podmínek a dobře regenerovat. V případě lesa i toto zadání naplňují lokální, nepřezvěřené typy smíšených lesů.
- Vlny veder představují jednoznačný přítomný i budoucí trend. Během dalších dvaceti let jich může být dvakrát až třikrát tolik. To již nyní vede k nečekaně velkým a rychle (až explozivně) se šířícím lesním požárům. Je vhodné mít vybudovanou průjezdnou síť cest, malé vodní nádrže, menší plochy jehličnatých monokultur, které mohou být odděleny pásy méně hořlavých dřevin.
- Skutečně silným větrům se nedá účinně bránit, ale u středně silných větrů pomáhá např. etážovitě uspořádaný okraj lesa či paseky menších rozměrů, popřípadě uspořádané do šachovnice či v pruzích.
- Přívalové deště budou častější a povodně větší. Může pomoci revize cest, mostků a propustí. Z dlouhodobého hlediska je však nejvýznamnější péče o lesní půdy, jejichž humózní hrabanka by měla být schopná zachytávat vodu. To sice nezabrání větším povodním, ale pomáhá v sušších epizodách.
- Je pravděpodobné, že ke zvýšení průměrné teploty o 2 °C dojde již kolem let 2040–2050. Je proto vhodné se inspirovat zkušenostmi s chodem klimatu a vývojem lesních společenstev v oblastech, které jsou o očekávané 2 °C teplejší, např. mezi Cerovou vrchovinou na Slovensku, Mátrou, Bükkem a Pilišskými kopci v Maďarsku či v rakouském a německém alpském předpolí.



Poznámka k použité literatuře a poděkování

Tento příspěvek záměrně není postaven jako „vědecká práce“, ale jako podklad k diskuzi o budoucnosti našich lesů, a jako takový by měl být přístupný laikům z řad studentů, lesníků i široké veřejnosti, která má omezený přístup k cizojazyčné mezinárodní literatuře. V textu proto uvádím pouze základní webové údaje, ale úplnější pohled poskytne velká připravovaná publikace o budoucnosti našich lesů *Český a moravský les* (Praha: Česká lesnická společnost, 2022, v tisku), obsahující pohled kolektivu 24 autorů na původ, vývoj a budoucnost našich lesů. Tato brožura volně navazuje na dřívější publikaci v edici Věda kolem nás *Zadržování vody v krajině od pravěku do dneška* (Academia, 2020). Za obsáhlou diskuzi děkuji kolegům z České lesnické společnosti, zejména M. Polívkovi, P. Drašíkovi a dalším praktickým lesníkům.



Kozlíček smrkový

(J. Svoboda)

Oddělení paleomagnetismu se zabývá paleogeografickými a paleomagnetickými studii předvariských a variských horninových formací s důrazem na výzkum Českého masivu, a zvláště pražské pánve. Mezi další sledované problémy patří magnetostratigrafická studia s vysokým rozlišením, zaměřená zejména na hraniční souvrství jura/křída, kenozoické vulkanické komplexy a souvrství jeskynních sedimentů i environmentálně magnetické rekonstrukce kvartérních procesů a studia meteoritů s důrazem na výzkum vývoje solárního systému a vzniku života.

Oddělení fyzikálních vlastností hornin je zaměřeno na studium fyzikálně-mechanických vlastností hornin, jejich odezvy na mechanické namáhání, studium zákonitostí porušování hornin, dále na rozvoj a zdokonalování experimentálních metod. Výsledky, zejména týkající se reologických vlastností, jsou významné při ocenění stability podzemních děl. Studovány jsou především horniny z oblastí potenciálních lokalit Českého masivu pro hlubinné ukládání radioaktivních a toxických odpadů a dále horniny reprezentující spodní zemskou kůru a svrchní plášť.

Oddělení analytických metod jednak do značné míry zajišťuje výzkum prováděný v ostatních odděleních, jednak se věnuje výzkumu vulkanitů, vltavínů a řady dalších materiálů. Úzce spolupracuje s většinou oddělení ústavu.

Díky svým výzkumům se Geologický ústav AV ČR, v. v. i., začlenil do evropského proudu podobných institucí, kde cílem výzkumu už není jenom poznání minulých procesů vývoje geosféry a biosféry, ale i jejich využití k tomu, abychom pochopili geologické a paleobiologické trendy směřující do současnosti, či dokonce do budoucnosti. Jinými slovy již nás nezajímá jenom *odkud přicházíme*, ale také *kam jdeme*. A tak na úspěšné brožury *Nové počasí a Zadržování vody v krajině od pravěku do dneška* navazuje autor dalším svazkem, tentokrát o tom, jak se s klimatickými změnami vyrovná les.

V EDICI VĚDA KOLEM NÁS PŘIPRAVUJEME:

Jan Hasil: **Odhalování minulosti Letenské pláně**

Štefan Pilát: **Církevněslovanská kultura v Rumunsku**

Lukáš Krmíček: **Sopečná činnost**

V EDICI MIMO JINÉ VYŠLO:

Václav Cílek: **Zadržování vody v krajině od pravěku do dneška**

Petr Zacharov: **Měření oblačnosti na Milešovce**

Jindřich Dejmek: **Pětasedmdesát let OSN**

Edice Věda kolem nás | Výzvy a otázky
Klima a budoucnost našich lesů | Václav Cílek

Vydalo Středisko společných činností AV ČR, v. v. i., Nakladatelství Academia. Grafická úprava dle osnovy Jakuba Krče a sazba Serifa. Odpovědná redaktorka Petra Královcová. Vydání 1., 2021. Ediční číslo 12881. Tisk **SERIFA**®, s. r. o., Jinonická 80, 158 00 Praha 5.

ISSN 2464-6245

Evidováno MK ČR pod e. č. E 22344

Další svazky získáte na:

www.vedakolemnas.cz | www.academia.cz