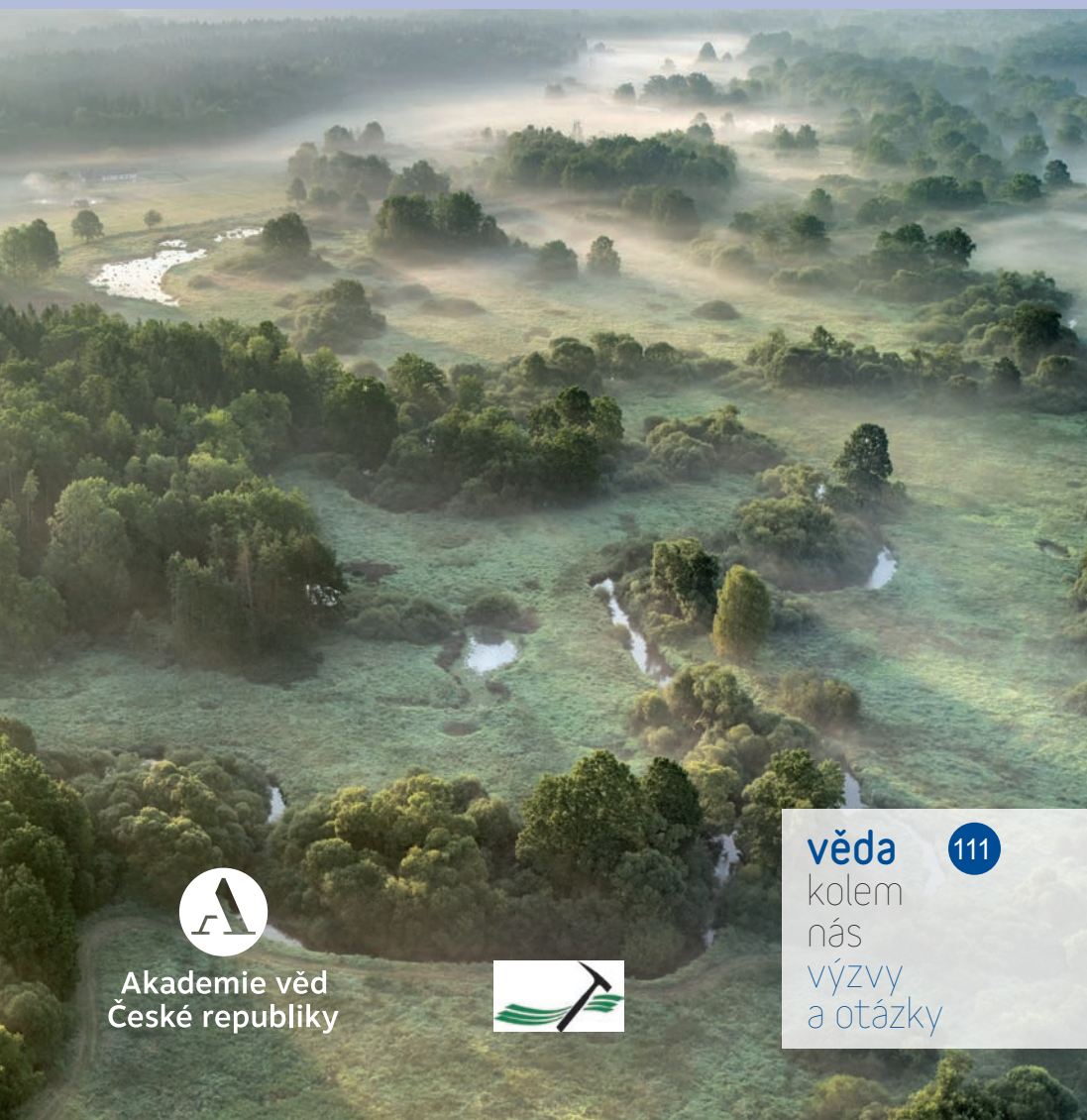


Zadržování vody v krajině od pravěku do dneška



Akademie věd
České republiky



věda
kolem
nás
výzvy
a otázky

111

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.

Fotografie na obálce: Základní technikou zadržování vody v krajině je prodlužování „dráhy vodní kapky“. Přirozeně vlhká prostředí mají dlouhou dráhu toku, takže proud vody se zpomaluje a vsakovací plocha zvětšuje. Lužnice na Třeboňsku (foto Jiří Jiroušek)

Situace chronického sucha

Probíhající klimatická a environmentální změna přináší do střední Evropy epizodické sucho, které se projevuje vysycháním malých toků, oslabením lesa, ohrožením produkční kapacity polí či lokálním nedostatkem pitné vody v některých obcích a chatových koloniích či při zásobování horských hotelů. Přestože rok 2020 byl srážkově nadnormální a za takové situace rádi zapomínáme na příkoří let minulých, je velká pravděpodobnost, že sucho ve střední Evropě bude mít průběh chronických, někdy slábnoucích, jindy se lepších potíží. Přitom sušší rok může ve stejné krajině způsobit jak nadprůměrnou úrodu obilí, tak o několik set metrů dál usychání lesa. Přesto i za této situace existují způsoby, jak s krajinou a tím i produkcí potravin či dřeva zacházet a snižovat rizika. V obnovovaném lese se dá např. sázet směs dřevin, kterou podle toho, jak budou snášet místní klimatické podmínky, můžeme vychovávat probírkou.

Tato stať není návodem, ale spíš inspirací, protože situace je natolik nová, že nějakému experimentování s krajinou, s novými plodinami, dřevinami, ale i morfologickými zásahy do reliéfu krajiny se zřejmě nevyhneme. Základem této publikace je zhruba dvacetileté terénní sledování, jak s vodou zacházely civilizace Blízkého a Středního východu. Některé z těchto jednoduchých postupů jsou natolik vázané na místní podmínky, že jsou v české a moravské krajině nepoužitelné, jiné jsou inspirativní, ale všechny zrcadlí několik jednoduchých zásad:

- vodu je nutné zadržovat už na místě, kam spadla, a pak na všech dalších místech, kam přetéká;
- pokud odtéká dál, je zapotřebí prodlužovat „cestu vodní kapky“. V lese to znamená např. roztržštění v podrostu na drobný, pomalu si sedající sprej drobných kapiček, v nivě prodloužení délky toku;
- vodu je nutné zpomalovat hlavně příčnými překážkami, které způsobují rozliv vody na větší plochy.

Klimatická a environmentální změna

Abychom lépe porozuměli dopadům probíhajících změn, pojďme opustit běžnou praxi „převyprávění“ klimatické prognózy a místo toho se soustředíme na tři sice propojené, ale různě působící časové rámce: roční průměr, sezónní a extrémní chod.

Roční průměry: poslední dvacet let je mnohem teplejších, než je průměr pro 20. století. Znamená to, že odpar z hladiny oceánu je větší, ale také většina takto vytvořených srážek spadne nad oceánem a nad okrajem pevniny. V přímořských oblastech se jedná např. o Anglii nebo německé a polské nížiny, kde se proto očekává, že budoucí povodně mohou být o 30–50 % větší a větry o nejméně 10 % delší a rychlejší. Transport vláhry i síla větrů se však nad pevninou rychle zpomalují, a navíc je území ČR zčásti chráněné hradbou pohraničních hor, a to hlavně ze severozápadu, ale podstatně méně od jihovýchodu, odkud přicházely nejničivější povodně. Ve Středozezemním moři se naneštěstí nejrychleji otepluje jeho východní část zhruba mezi Tureckem a Řeckem, protože výměna vody je přes Bospor na východě menší než přes Gibraltarský průliv na západě.

Jednou za čas nám tedy hrozí regionální povodňové situace zejména od jihovýchodu a silnější polomové větry, případně zimní větry s těžkým mokřým sněhem od severozápadu. Co znamená neurčité označení „jednou za čas“? Je vyjádřením nejenom naší neschopnosti modelovat budoucí situaci, ale také stvrzuje, že atmosféra je systém, který se často pohybuje na hranicích chaosu a nedá se proto odhadnout. Pokud bychom se spolehli na nepřiliš výraznou statistickou závislost, tak epizody sucha či povodní i na našem území sledují 11letý či 22letý sluneční cyklus, ale platí zde mnoho výjimek. Pravděpodobnostní odhad situace by proto mohl znít, že každých 10–20 let můžeme počítat s nějakým velmi neobvyklým počasím.

Srážkové průměry se poslední století sice liší rok od roku (nejproměnlivější je středoevropská zima), ale když je statisticky zhladíme tříletým nebo pětiletým průměrem, jsou dlouhodobé srážky překvapivě stabilní a možná mírně rostou. Rovněž analýza středoevropského sucha ukazuje, že někdy bývá sucho dva roky po sobě, ale málokdy tři roky. Vychází z toho, že např. nádrže na pitnou vodu by měly být dimenzovány na možnost nejméně dvouletých such, s velkou pravděpodobností, že deště nádrž třetí rok doplní. Větší evropské sucho může podle historických záznamů trvat kolem 3–7 let, ale obvykle se po kontinentu stěhuje nebo bývá prostřídáno srážkově normálním rokem.

Lužní les býval velkou zásobárnou vody, ale lidé z něj ukrajovali kusy polí a zbytek převáděli na hospodářský les. Výsledkem je celkově sušší krajina. K suchu přispívá celkově teplejší počasí i eroze kvalitních půd, které dokázaly v jednom krychlovém metru kumulovat kolem 250 litrů vody. Pohled k Pálavě přes Novomlýnské nádrže (foto Jiří Jiroušek)



Středoevropský chod klimatu stále víc připomíná středozezemní klima s velkými sezónními srážkami prostrádanými suchými měsíci. Proto se v této oblasti vyvinuly dva typické způsoby zacházení s vodou. Tím prvním jsou dálkové vodovody (akvadukty) Římské říše z hor vzdálených až 30 km, kde prší víc. I tato voda však bývá skladována ve velkých komunálních a malých soukromých cisternách. Druhou technikou, která je typická hlavně pro jižní Středomoří, jsou domovní cisterny, které se plní v deštivém období, ať již sběrem vody ze střech, dvorů a cest, nebo dovozem vody na oslících. Základním způsobem hospodaření s vodou v oblastech s nepravidelnými srážkami je tedy kombinace dlouhých vodních přivaděčů a cisteren.

Celkově teplejší počasí má ještě jeden závažný dopad zejména pro život lesa. Vegetační období se prodlužuje o 3–6 týdnů, a proto rostliny, zejména stromy, spotřebovávají v celoročním průměru o zhruba 10 % víc podzemní vody a živin. Rostou sice o něco lépe, protože ve vzduchu je víc oxidu uhličitého, ale mohou mít problémy v zásobování vodou a živinami z hlubšího půdního horizontu.

Sezónní průměry: mění se nejenom roční chod počasí, ale také se rozostřují roční období. Mezi tři nejnegativnější projevy počasí patří tzv. falešná jara, letní tropické dny a blok omega, který způsobuje setrvalé krásné, či naopak deštivé počasí. Falešná jara se dostávají na konci zimy, kdy se náhle oteplí na téměř letní úroveň, stromy začnou kvést, rostliny pučet, ale pak se vrátí zima. Všechny klimatické prognózy počítají se zvýšením počtu tropických dní, a to až na dvojnásobek. Nepříjemný dopad je ten, že na povrchu hlavně nestíněné zemědělské půdy se otevrou výsušné praskliny, které urychlí odvod páry z již přeschlého povrchového horizontu.

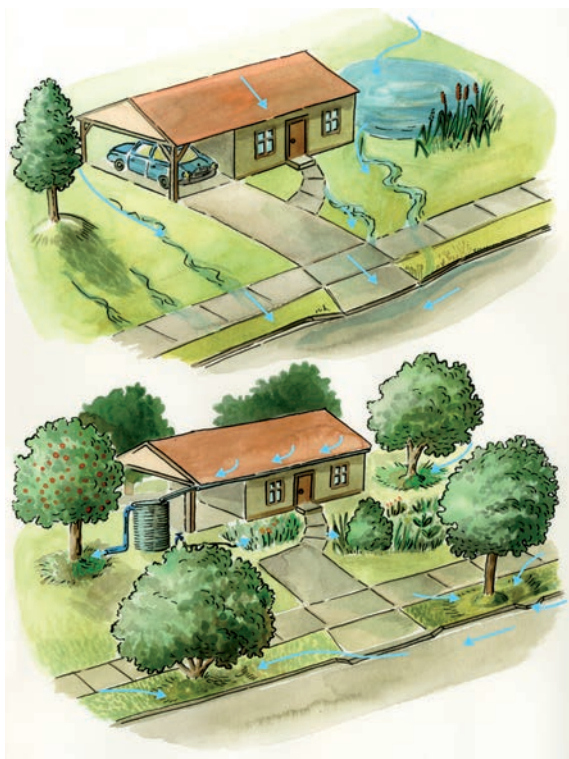
Jako blok omega se označují dlouhodobě stabilní oblasti vysokého tlaku, které mívají tvar oválu. Podobají se řeckému písmenu Ω či dokonce $\mathcal{O}$. Představte si, že zleva, tedy od západu, kde leží Atlantský oceán, směřují tzv. Rossbyho planetární vlny, které přináší vláhu. Narazí jako na tomto schématu $\rightarrow \mathcal{O} \rightarrow$ na oblast vyššího tlaku a obkrouží ji. Uvnitř se třeba měsíc bude udržovat krásné, slunečné a suché počasí, zatímco na obvodu bude pravidelně pršet. Dojde pak ke známé situaci, kdy jedna část Evropy trpí suchem, ale o 500 km dál – byť na stejné rovnoběžce – panují povodně. Blok omega může být uzavřený nebo polootevřený k teplému jihu, či naopak k chladnému severu, a podle toho může nasávat jak studené, tak suché (a někdy i vlhké), teplé vzdušné masy.

Extrémní situace: Pro přirozené ekosystémy platí, že prosperují v poměrně široké škále podmínek, ale obtížné snáší přechod přes prahové události. Úmyslně používám neurčitá slova, protože definovat stabilitu ekosystému je velmi obtížné a obvykle záleží na místních podmínkách. Podstatná část sezónních i extrémních meteorologických situací je ovlivněna globálním stavem atmosféry a teplotami povrchu. Klimatický základ planety je dnes odlišný od stavu před rokem 1970. Množství tepla kumulovaného v oceánech je tak obrovské, že i kdyby se zemský systém přestal oteplovat, tak tepelnou setrvačností budou změny dál pokračovat a budeme je prožívat další desetiletí. Návrat do stavu před několika desetiletími je proto velmi nepravděpodobný. Na druhou stranu, pokud miliony lidí dokáží žít v Sahelu, australském vnitrozemí nebo i jen na řeckém či marockém venkově, pak bychom ve střední Evropě měli být schopni si poradit i s poměrně velkou klimatickou změnou.

Principy zachytávání vody jsou jednoduché, ale složité je jejich použití v místních podmínkách

Starými, předliterárními zemědělskými praktikami se zabývá kromě archeologie rovněž kulturní antropologie, a to zejména její oddíl nazývaný etnopedologie. Systematicky byly shromážděny zemědělské tradice více než 200 zaniklých či žijících etnik. Překvapení badatelé zjistili, že např. Aztékové měli propracovaný způsob klasifikace půd. Řada tehdejších postupů např. hnojení je využitelná dodnes. Podobně se v některých oblastech Sahelu podařilo znovu zavést alespoň omezené zemědělství, když mezinárodní specialisté odložili své moderní postupy a obnovili agrolesnické postupy, ve kterých akácie nejenom stíní půdu, ale také jí dodávají dusičnany.

Archeologický průzkum Clarka Ericksona teprve nedávno objevil kolem jezera Titicaca vyvýšená čtvercová políčka obklopená vodními kanály. Některá z těchto polí byla obnovena a ukázalo se, že za daných podmínek suché, vysoko položené pouště představují jedinou zemědělskou možnost. V Amazonii, kde převládají málo úrodné tropické půdy, bylo nejlepších výsledků dosahováno na kruhových polích,



Ve státech, jako je Kalifornie, se o zadržování vody učí již děti na základních školách. Na klasickém obrázku podle Brada Lancastera je nahoře zobrazena běžná situace, kdy za deště z pozemku voda odtéká. Dole vidíte zadržování vody, jehož hlavním principem je jednak celá kaskáda přepadů, jednak deprese kolem stromů a na trávníku. Sbírá se i voda ze silnice, pokud je čistá (ilustrace M. Kohoutové z knihy V. Čilka a kol. *Voda a Krajina*. Praha: Dokořán 2017)

v jejichž prostředku byly pěstovány batáty, o střední mezikruží se dělila kukuřice s maniokem a vnější náleželo ovocným stromům. Kruhová pole vznikala radiálním kácením stromů původního pralesa od středu pole. Ty půdě dodaly tlející organickou hmotu a živiny uvolněné spálením dřeva. I tato půda se časem vyčerpává, takže je nutné ji dál hnojit, anebo i ve středu kruhu pěstovat malé ovocné stromky. Dozrávají zde pomaleji, ale svým listím hnojí pole. Tato technika představuje jeden z mnoha postupů tzv. stanovištního managementu (*microscale* či *microvariability management*). Výnosy jsou dvakrát tak velké než na okolních polích evropského typu. Péče je mnohem náročnější, ale plodiny dozrávají postupně, což je pro místní indiány velice důležité.

Jiná pozoruhodná technika spočívá ve tvorbě lesních ostrůvků a pásů v jinak semiaridní savaně východní Amazonie či západní Afriky. Lesní ostrůvky dávají stín a tlumí klimatické rozdíly. Někdy se využívají i jako posvátná místa typu mytických hájů dávných Evropanů. Amazonští indiáni si vyberou mělkou depresi a někdy ji ještě prohloubí asi na 60 cm, aby lépe zachytávala deště. Šířka pásů je kolem 2 m. Příkop zanesou organickým mulčem, hnojí jej popelem rostlin a přenesou do něj mravence a termy, kteří stromy chrání před dřevokazným hmyzem. Není vyloučeno, že v suché středozemní oblasti či na jižní Moravě bude brzy nutné vytvářet podobné mělké, vanovité deprese zachytávající vodu.

U domorodých způsobů hospodaření s půdou se prakticky vždycky setkáváme s velice pečlivým stanovištním managementem, který je někdy tak detailní, že kulturní antropologové hovoří o mikroškálování. Příkladem jsou např. nivy velkých řek, kde se jiné plodiny pěstují na vyvýšených terasách, jejich svazích a v úrovni nivy. V suchých oblastech amerického jihozápadu např. Zuniové rozlišují kolem dvanácti základních stanovišť a podle toho volí plodiny. Některá stanoviště, např. místa, kam občasný tok naplavil humus z výše položených lesů, mohou mít plochu sotva pár metrů čtverečních. Zuniové zachytávali občasný déšť nejenom pomocí běžných agrárních teras, ale podle situace používali jednoduché zábrany z kamenů a větví keřů. Tyto zábrany po zachycení erodované půdy a jemného splávi rozebírali a podle velikosti dalšího deště přeskupovali. Delší dobu opuštěná indiánská políčka dnes vykazují degradaci půd. Ukazuje to na cílenou, generace trvající snahu vytvořit úrodné půdy a efektivně hospodařit se srážkami.

V roce 1938 se americký antropolog Leo W. Simons seznámil s indiánem z kmene Hopi Donem Talayesvou z Oraibi v Arizoně. I přes vzájemné sympatie se s ním domluvil na víceméně obchodní smlouvě, že Don bude vyprávět o svém životě a zvycích kmene Hopi a bude za každou hodinu placen 35 centy. Vyprávění bylo tak zajímavé, že později Don sepsal osm tisíc stránek textů. Jeho zkrácené zápisky později vyšly v dnes již klasické knize *Sun Chief: The Autobiography of a Hopi Indian*. Hopiové mají propracovaný způsob, jak v suché krajině zacházet s vodou. Spočívá v těchto jednoduchých zásadách:

- proud vody je nutné zpomalit, a to nejčastěji příčnými hrázkami, někdy postavenými jenom z jedné řady kamenů; hrázkys jsou místy založeny jen 2–4 m od sebe;
- proud vody je nutné rozšířit do co největší plochy, aby se voda mohla vsáknout;
- zbylou vodu je nutné zachytit v nějaké nádrži nebo cisterně.

Kanáty a další staré techniky

Velice rozmanité způsoby zadržování a rozvádění vody byly vyvinuty v semiaridních oblastech Blízkého a Středního východu. Je nutné si uvědomit, že tyto suché oblasti daly vzniknout mnoha mocným říším – chetitské a perské říši, městským státům Syropalestiny či kykladským, kyperským a krétským státním celkům. Bez dobrého hospodaření s vodou by nikdy nedošlo k nadprodukci potravin, která umožnila rozvoj městských, náboženských a politických center.

V některých oblastech, např. v jordánském Edomu, se již před 9000 lety vyvinula celá řada lokálních způsobů, jak zachycovat vodu. Nejznámější jsou *kanáty* (v anglické transkripci *qanat*), neboli *foggary* či *manuuary*, tedy podzemní chodby, které přivádějí vodu z hor, kde víc prší. Snad nejproslulejší jsou íránské kanáty, které mohou vytvářet systémy podzemních přivaděčů o délce až několik desítek kilometrů. Kanát začíná na horském úpatí, ale směřuje do vsí, kde mívá několik odboček, tzv. *karíz*. Na nich jsou založeny studny, které ale nečerpají místní podzemní vodu, ale vodu z vodovodní cisterny. Přebytková voda je odváděná pod ves, kde slouží k napájení dobytka nebo zavlažování polí.

Ve městech se k tomuto jednoduchému systému přidávala čtvercová cisterna a nad ní postavená dómovitá stavba nazvaná *jakčál* (*yakhchāl*), což doslova znamená ledová jáma. První jakčály byly postaveny už kolem roku 400 př. n. l. Dóm sloužil k ochlazování prostředí odparem, řízenou ventilací a odvodem horkého vzduchu. Čtvercová cisterna o objemu až 5000 m³ zachytávala a uskladňovala nejenom vodu, ale i chlad. Chlazení odparem se na Blízkém východě používá v mnoha variantách. Nejběžnější jsou džbány na vodu vyrobené z hrubé porézní kameniny, která vodu propouští. Ta se na povrchu džbánu odpařuje, takže voda uvnitř mívá teplotu kolem 18–20 °C při okolní teplotě až 40 °C. Podobnou techniku zvolila i francouzská cizinecká legie, která používá skládací plátěné džberky na vodu propouštějící vlhkost na povrch.

Pod somálským označením *caag* se skrývá meandrující boční kanál, který rozvádí vodu z hlavního kanálu, aby se lépe vsakovala. V české rekultivační praxi se někdy hovoří o rozvedení vody z hlavního kanálu do „kapilár“ neboli tenkých stružek. Z Burkiny Faso pochází technika zvaná *zay* (angl. *pitting*). Jedná se o systém okrouhlých, hustě uspořádaných, talířovitých depresí o průměru kolem 1 m, do kterých steče okolní voda a vsákne. Když jsme tyto struktury při egyptologické expedici dokumentovali v Súdánu, tak jsme se zpočátku domnívali, že se jedná o pravěké pohřebiště. Jiným způsobem, jak zacházet s depresiemi zadržujícími vodu, je tzv. *negarim* ze Sahelu. Jsou to malé čtvercové či oválné deprese skloněné po svahu. V nejnižším místě je vsakovací jáma a v ní obvykle roste strom.

Tuniský *meskat* je systém skloněných polí obklopených asi 30 cm vysokým hliněným lemem. Pole mívají ukloněnou horní část, kde se voda sbírá, a nižší vodorovnou část, kde se vsakuje. Když je vody dost, přeteče přes hrázku do dalšího polička. Většinou se používá pro stromy, které se sází do spodní rovné, vsakovací části polička. *Liman* (též *tabia* – Tunisko) je rozsáhlejší deprese s vyšší, často kamenitou hrází, která bývá celá zaplavená. Indický *hafair* je vysychavý sezónní rybníček, jehož hlavním cílem je doplnění půdní vody. Súdánský *teras* je systém

pravoúhlých zemních hrázek o výšce do 50 cm, které jsou otevřené proti svahu, kde stéká voda.

Ve všech uvedených případech se jedná o využití depresí, které zamezí povrchovému odtoku.

V Itálii a na dalších místech nejenom ve Středozeří, ale i v Německu či Švýcarsku existuje systém tzv. *vallerani* neboli „údolíček“. Jedná se o systémy vsakovacích rýh orientovaných po vrstevnici. Ve středoevropské tradici se podobný systém nazývá např. *hrůbata* a můžeme si jej představit jako plochou valchu. Důležité je, aby hrázky velice přesně kopírovaly vrstevnici, jinak přetečou a protrhnou se. Jinou technikou jsou různé způsoby mulčování. Na jednu stranu jsme překvapeni lidskou vynalézavostí, ale na druhou stranu si uvědomujeme, že se jedná o techniky spíš podobné zahrádkaření, a tedy obtížně využitelné na větších plochách, odkud pochází nejméně dvě třetiny až 90 % evropských potravin.

Většina výše uvedených technik je založena na zachycení vody na místě a jejím uložení do půdy. V etnopedologických studiích se velmi často setkáváme s postojem, že půda je živá. V Andách to vyjadřuje úsloví o zemi či půdě, která se pohybuje a určitým způsobem jedná, „*má svoji hlavu*“. Úroda pak závisí nejenom na vynaložené práci, ale také na vzájemné domluvě. Součástí celého procesu je bedlivé pozorování počasí i samotné země. Půda je však odlišná od ostatních živých bytostí tím, že se obnovuje. S půdou jako s něčím podobným člověku zachází i staré tradice obsažené v Talmudu – člověk odpočívá sedmý den v týdnu, půda sedmým rokem.

Současný americký středozápad patří mezi velké světové zemědělské oblasti. Po letech pokusů a omylů přistupují místní farmáři, kteří jsou v mnoha případech potomky německých a skandinávských vystěhovalců, k zachytávání vody a protierozním opatřením jednoduchým, levným a pragmatickým způsobem:

- Nezatěžují se terasováním polí, ale na svah prostě navezou val o výšce kolem 1 m. Tento val slouží k zachytávání srážek. Obvykle je uspořádán do mírně rozvěveného „půlměsíce“, někde se této úpravě místně říká podle půdorysu „*bumerang*“. V severní Africe je znám jako „*obočí*“. Klasické terasování v Čechách 19. století probíhalo pracným, ale dlouhodobým způsobem. Nejprve byla skryta a stranou odložena ornice, pak byla (někdy až téměř na skalní podloží) zahlobena terasa a na rovnou plochu se ornice opět navezla, okraj terasy byl mírně vyvýšen a na samém okraji pole byla vyorána hlubší vsakovací brázda, někdy se vsakovací jámkou. Americký způsob není ani zdaleka tak malebný a praktický, ale dá se udělat za pár dní.
- V údolnicích a v místech, kde by po dešti mohla téct voda, a to i ve velmi plochem terénu, nechávají kosený travnatý pruh o šířce dva, ale častěji čtyři metry. Podobné úpravy můžete vidět např. v italském Toskánsku. Údolnice je linie, která prochází nejnižší částí údolí či rokle.
- Kolem potoků a říček nechávají kosený travnatý pruh o šířce kolem 10 m. Stékající voda se na trávě zpomalí a vsákne. Zvyšuje se tím půdní vláhota a omezují povodně. Tyto úpravy se provádějí i v ploché krajině podobné jižní Moravě či Polabí. Místní zemědělci přitom nejsou žádnými velkými ekology, ale uvědomili si, že z dlouhodobého hlediska se jim to vyplatí, protože mají zkušenost, že hamiznost v zacházení s půdou vede v konečném důsledku ke ztrátám.

Zásady sběru vody

- Nejprve dlouze a promyšleně pozoruj chování vody na daném místě.
- S úpravou vodního hospodářství začni co nejvýš v povodí.
- Zpočátku pracuj co nejjednodušeji a v malém měřítku.
- Zpomal a rozšiř proud vody.
- Vždy počítej s přepadem nadbytečné vody a zacházej s ním jako s dalším zdrojem.
- Maximálně rozšiř plochu pokrytou travou a dalšími porosty.
- Podporuj ekologické vztahy, které vedou k synergiím, jako je např. kombinace stromů a travních či bylinných podrostů či agrolesnické postupy.
- Sběr vody nikdy nekončí, proto pozoruj, opravuj a doplňuj navržený systém.

Podle praktických zkušeností Brada Lancastera a jeho přátel, které jsou podány v úvodu slavné knihy *Rainwater Harvesting for Drylands and Beyond* (Sběr vody v suchých oblastech a ještě něco navíc). Lancaster ukazuje, jak je možné vybudovat funkční zahrady a menší zemědělské pozemky v oblastech s pouhými 350 mm ročních srážek.

Cílem je krajina, která celá zachytává vodu. Na dolním okraji pole nad silnicí je vidět vsakovací brázda. Pod silnicí je potok prodloužen pomocí meandrů. Teď vypadají uměle, ale za tři roky to už nikdo nepozná. Různá hloubka rybníčků vyhovuje obojživelníkům, zvětšuje se i vsakovací plocha. Revitalizační projekt u Horního Benešova (foto Jiří Jiroušek)



Erozí půdy přicházíme o půdní vodu

Česká republika leží v zóně potenciální evapotranspirace kolem 500 mm ročně při průměrných srážkách kolem 650 mm ročně. Evapotranspirace je množství vody, které se z povrchu lesní či zemědělské půdy může za rok odpařit nebo je spotřebováno rostlinami. Slovo potenciální znamená možnou horní mez. Už z tohoto údaje je patrné, že odpar a rostliny dohromady jsou schopné využít většinu srážek, takže na povrchový odtok do říční sítě a na doplnění podzemních zásobníků už jí nemusí příliš zbývat. Od normálního ke kalamitnímu chodu proto nemusí být příliš daleko. Naše lesnictví a zemědělství se navíc vyvinulo na myšlenkovém a hospodářském základě 19. století, ale teprve kolem roku 1890 skončila poslední epizoda tzv. malé doby ledové, kdy počasí bylo chladnější a vlhčí, takže krajinu bylo nutné odvodňovat.

Každá krajina je poněkud odlišná a to znamená, že neexistuje jedna strategie, jak s ní zacházet. Velmi zjednodušeně lze říct, že les roste na kopci na mělké kameňaté půdě. Když spadne déšť, snadno touto polohou projde do hlubších horizontů. Les je dobrý hlavně k tomu, aby sytil prameny a podzemní zásobníky. Zemědělská půda je v trochu jiné situaci. Má větší mocnost a víc jílových minerálů. Deště, které na ni spadnou, sytí hlavně polohu do hloubky dejme tomu jednoho či dvou metrů. Pokud je v půdě hodně velkých pórů a chodbiček, tak déšť rychle pronikne do hloubky kolem půl metru či hlouběji. Žížaly tak vlastně zavlažují půdu v půlmetrové hloubce.

Krychlový metr běžné půdy je schopen pojmout kolem 120–240 litrů vody (tedy mm ročních srážek) a klasická moravská černozem i víc. Tedy byla by schopná, kdyby tam ještě byla. Místo ní stále častěji vidíme světlá místa podloží jílů. I taková půda dokáže ještě nějakou dobu dávat slušnou úrodu, ale musí občas přšet, aby došlo ke zvlhčení horní vrstvy. Je nutné dodat hnojiva a oslabit plevele. Výsledkem bývá znečištěný podzemní horizont, odkud bereme pitnou vodu. Na řadě míst v Evropě (třeba v Itálii v Pádské nížině) pak dojde k tomu, že důkladné vyčištění vody je tak drahé, že voda tekoucí z kohoutku se používá na umývání nádobí, ale ne na pití. Městské samosprávy pak zřídí vodní kiosky, kde si každý obyvatel může zdarma nabrat 5–10 litrů dobré pitné vody denně. Do tohoto stavu se velmi snadno můžeme dostat i v naší krajině.

Kapacita kamenitých lesních půd může být naopak jen kolem 60–100 litrů na čtvereční metr. Na druhou stranu lesní půdy jsou stíněné stromy a kryté humózním horizontem, kterému se dřív říkalo stelivo, ale dnes častěji mluvíme o hrabance. Malá zádržná kapacita lesních půd vždy byla výhodou, protože propouští vodu do hlubších horizontů. Vyžaduje to však kyprý a houbovitý humózní horizont a propustné lesní půdy. Půdu si představme jako víceméně uspořádanou směs půdních agregátů, vody a vzduchu. Zejména vzduchu je v půdě doopravdy hodně, někde mezi třetinou až polovinou celkového objemu, zatímco vody najdeme v krychlovém metru půdy jen průměrně 150–300 litrů. Roční srážky se na většině našeho území pohybují kolem 650 litrů na metr čtvereční, takže kdyby se nám podařilo zvýšit schopnost půdy ukládat v sobě vodu jen o několik procent, tak půdy v povodí Vltavy zachytí víc vody než vltavská kaskáda.

Panoramatický pohled na Hostýnské vrchy. Podhorské lesní krajiny jsou obvykle místa, kde se voda vsakuje do hlubších půdních horizontů. Přebytek vody se však přirozeně hromadil v dnes vysušených mokřadech pod horami, kde sytil místní toky, které na oplátku zvlhčovaly okolní nížiny. Zjednodušeně se dá říct, že voda se sbírá na horách a spotřebovává v nížinách (foto Jiří Jiroušek)





Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy (VÚMOP, Zbraslav, viz webové stránky) v uplynulých letech opakoval na téměř stejných místech výzkum vlastností půd, jehož první kolo proběhlo před asi padesáti lety. Tehdy bylo v různých částech krajiny vyhloubeno 700 000 sond a odebrány a analyzovány dva miliony vzorků! Podobná akce je ve světovém měřítku ojedinělá a v tomto měřítku již pro množství majitelů pozemků nerealizovatelná. Pokud dnes na stejných místech odebereme nové vzorky, můžeme sledovat, jak se půdy za 60 let změnily.

Výsledky do určité míry odpovídají stavu i v jiných evropských státech. V horní vrstvě půdy schází organická složka nebo dochází k její degradaci, protože se používá méně hnoje. O něco ubyly alkálie, takže bez vápnění a minerálních hnojiv se časem neobejdeme. Krychlový centimetr půdy dnes váží o něco víc. Znamená to, že půda obsahuje méně velkých pórů. Při mikroskopickém výzkumu se naopak ukazuje větší množství malých pórů.

Co z toho vyplývá? S počasím toho mnoho nenaděláme, i když v Číně již dvacet let víceméně skrytě probíhá velkoryse financovaný program s cílem přinést déšť do severní suché části země. Čína má 1,3 miliardy obyvatel a jen 14 % její rozlohy tvoří zemědělská půda. Dá se proto čekat, že experimenty budou po-

S vodou se dá do určité míry hospodařit i v sušších oblastech. Místo lesa se zde daří nějaké formě „lesostepí“ – mohou to být i sady. Vodu zde bylo nutné zadržovat v drobných nádržích. Přesto městečko, které mělo vzniknout pod Hazmburkem (jedná se o plošinu vlevo pod kopcem) zaniklo právě následkem nedostatku vody (foto Jiří Jiroušek)



kračovat i přes riziko narušení monzunového chodu. V našich podmínkách asi bude nutné budovat vodárenské nádrže, ale hlavní pozornost musí být věnována stavu půd – již z toho důvodu, že půdy v sobě ukládají mnohem víc vody než všechny umělé nádrže ČR. Když sečteme ztráty vody, tedy méně vody v půdě a zároveň větší odpar na jedné straně (teplota uvnitř půdy se za padesát let zvýšila o 0,7 °C) a na druhé straně nepravidelné či chybějící srážky, získáme výsledný obraz situace. Budou-li teplé roky dál pokračovat, některé zemědělské půdy možná úplně opustíme.

Dešťová past

Pod pojmem dešťová past se rozumí zhruba 20 cm mocný, utužený půdní horizont, který obvykle leží v hloubce 30–50 cm a při kopání sond jej snadno rozeznáme jako masivní podorniční horizont, který obtížně propouští vodu. Je dobře známo, že utužený horizont vznikají pojezdem těžké zemědělské i lesnické techniky, ale dešťová past může, a to na celých rozsáhlých regionech, vznikat jako následek nitrifikace půd. Nitrifikace je nadměrné množství reaktivního dusíku, nejčastěji ve formě dusičnanů. U zemědělských půd je obvykle způsobena použitím syntetických hnojiv, díky kterým dnes užíváme asi polovinu světové populace, takže se jich určitě nemůžeme vzdát. Nové zemědělské techniky však umožňují přesné dávkování, a to přímo „pod kořeny“ plodin.

Lesní půdy jsou tenké a obvykle kamenité. Reaktivním dusíkem se nasatí mnohem snáz. Dusičnany, herbicidy a další látky pronikají do půdy a silně ovlivňují její mikrobiální složení a mykorhizní vztahy. Savá, propustná, drobtovitá struktura půdy se jejich vlivem mění na amorní či písčitou. Do volných prostor jsou z vyššího horizontu splavovány jemné jílové minerály, které nakonec ucpou póry a vytvoří utužený, špatně propustný horizont. U zemědělských půd se dá rozbít hlubokou orbou a půdě opět celé roky dodávat organický uhlík v podobě hnoje či průmyslového kompostu, ale jedná se o poměrně drahé a na údržbu náročné postupy. Optimistické jsou však v tomto případě nové zemědělské techniky např. strip-till – pásové zpracování půdy.

Situace je podobná metafoře o napůl vypité sklenici. Více než polovina našich i evropských půd je postižena erozí a degradací organické hmoty. Znamená to, že půda zachytí méně vody a hrozba sucha se zvyšuje. Postupně se dostáváme do neudržitelné situace, a to i kdyby neexistovaly klimatické změny. Na druhou stranu jsou vypracovány postupy a existují stroje a technologie schopné půdu opět kultivovat a vylepšovat. Není pravděpodobné, že by nám v budoucnosti hrozil hlad, ale musíme očekávat dražší potraviny. Problém dešťové pasti jako plošného fenoménu je však zejména v lese obtížně řešitelný. A přitom lesní půdy dotují prameny, potoky a přilehlé části zemědělských půd.

Role řek a říčních niv při zachytávání vody

Zopakujme, že odpar a transpirace rostlin dokážou spotřebovat prakticky veškerou vláhu. Ekosystémy však bývají po dlouhé době svého vývoje vyladěné, takže např. co ušetří stromy, to spotřebuje podrost a naopak. Zvykli jsme si za viníka sucha

označovat klimatické změny, ale ve skutečnosti dochází k synergickému působení tří hlavních faktorů:

- prší jinak a jindy, prodlužují se období bez dešťů, schází sníh (klimatické příčiny);
- krajina přišla o meze, remízky, vsakovací strouhy, rozšířila se plocha měst a komunikací, toky jsou narovnané a umožňují rychlý odvod vody (stav krajiny);
- půda, která mohla pojmout vodu a postupně ji uvolňovat, je odnesena erozí nebo má degradovanou organickou složku (stav půd).

V semiaridních oblastech se techniky zadržování vody uplatňují hlavně na svazích. Povrch krajiny je horký, vzduch suchý, takže nezachycená voda by se rychle odpařila. Uvádí se, že zachytávání vody na místě je 4× účinnější než zachytávání vody v údolí. U nás je situace odlišná v tom, že síť vodotečí je velice hustá, takže můžeme, nebo spíš musíme zachytávat vodu jak v ploše krajiny, tak i v údolích potoků a řek.

Podzemní zásobníky vod dlouhodobě vyžadují rovnováhu mezi přirozenou kumulací a odběrem vod, jinak dochází k zaklesávání vody. To je dnes případ celého Blízkého a Středního východu či povodí Indu. Na obrázku je zachycena ložisková oblast s bývalou těžbou uranu u Stráže pod Ralskem, na obzoru s Ještědským hřbetem, kde bude nutné se o čistotu podzemních vod starat pravděpodobně skoro celé století po skončení těžby (foto Jiří Jiroušek)



Vladimír Úlehla hovořil o nutnosti prodlužovat dráhu vodní kapky. Nikde jinde to není tak dobře patrné jako u říční krajiny. Přirozené toky meandrovaly, byly až o 40 % delší než současné toky. Řeky a potoky v sobě obsahovaly kameny, padlé kmeny a další nepravidelnosti koryta zpomalující proud vody. Hlavní koryta větších řek byla vždy doprovázena systémy bočních koryt, odškrncených meandrů a tůní. V nich docházelo k denitrifikaci, při které bakterie zpracovávaly dusičnany obsažené ve vodě na dusík, který unikal do atmosféry. Je překvapivé, že běžný potok vybřežoval skoro každý rok. Zaplavoval část nivy a vsakoval se do půdy.

U různých řek to je různé, ale představme si, že v říční nivě teče zhruba polovina vody v řece, ale druhá polovina prosakuje sedimenty, tzv. *hyporeálem*. Když je vody v řece dost, tak nasýtí své okolí. Když je vody málo, tak naopak nivní sedimenty dotují vodu v toku. Těleso sedimentů tak do určité míry vyrovnává průtok v řece. Řeka je jenom částí říční krajiny či říčního systému, který v sobě obsahuje i nivu a podložní sedimenty. Je proto nutné věnovat mimořádnou pozornost zdrojům znečištění, velkým, zejména příčným stavbám a betonovým korytům, které brání výměně vody mezi tokem a nivními sedimenty. Do renaturované nivy a hyporeálu se přirozeně ukládá obrovské množství vody.

Les je krásný, ale hydrologicky ambivalentní

Nejběžnější způsob, jak změřit hydrologické podmínky v lese, je porovnat, kolik vody naprší a kolik odtече. Tato metodika je zrádná v tom, že nezachycuje transport vodní páry, ale v tomto případě nám pomáhají družice. V tropech se ukázalo, že vzduch, který deset dní proudil lesem, poskytuje dvakrát tolik deště než vzduch nad rozptýlenou vegetací. V jen o trochu vlhčím prostředí – stačí zvýšit humiditu o 10 % – prší dvakrát až třikrát tolik. Naneštěstí to platí i naopak a pak říkáme, že sucho se živí suchem. Družicová pozorování ukazují, že lesy v Evropě mají výrazný vliv na tvorbu mraků, ale musí k tomu mít dost vody na odpar. Mraky pak stíní pevninu a celkově snižují povrchové teploty. Možná až 20 % globálního oteplování je způsobeno změnou kvality povrchu a tím albeda. Povrch lesa je hrubý, takže zpomaluje vysušující vítr, o trochu víc zde sněží a sněh taje pomaleji.

Několik klimatických studií bylo věnováno matematickému modelování změn na velké lesní ploše. Ukazují vcelku konzistentní obrázek. Když vykácíme skutečně velký lesní komplex, tak pravděpodobně snížíme srážky až o třetinu. Optimální konfiguraci má takový kontinent, jehož lesy začínají u moře. Mají dost vody, hodně odpařují, snižují regionální teplotu a tím do pásma nižšího tlaku od moře přivádějí další vlhký vzduch. Vliv takového lesního pásma je cítit ještě o tisíce kilometrů dál až v nitrech kontinentů.

Biosféra určuje hlavní toky a výměny látek mezi zemí a atmosférou a tím přispívá k vytváření tepelné struktury atmosféry. Jeden z nejzajímavějších oborů fyziky atmosféry se zabývá výměnou látek a tepla na různých atmosférických rozhraních. Les nejvíc ze všeho ovlivňuje reakce blízko povrchu a potom na tzv. planetární hraniční vrstvě (PBL). Tu můžeme pozorovat jako plochou základnu nízkých mraků nebo zónu, kde je vidět nahnědlé smogové zabarvení. Vyšší mraky mohou vypadat jako „chumáče vaty“, ale všimněte si, že nižší mraky mají solidní, plochou základnu, jako by na něčem stály – a to je právě PBL.

V rozsáhlých lesích Nové Anglie bylo pozorováno, že když se olistují stromy, mění se albedo (odraznost povrchu) a zároveň se zvyšuje evapotranspirace, tak se PBL v pravidelných sezónních cyklech zvedá a klesá asi o 200–400 m. Nad lesy středního pásma bývá typicky vyvinuta v asi 1,5–2 km výšce. Protože průběh PBL závisí na teplotě povrchu, tak nad velkým lesem bude ležet nízko a bude vyvinutá pravidelně, ale nad běžnou industriální krajinou, ve které se střídají ostrovy tepla (např. betonové a skladištní plochy) s chladnějšími oblastmi lesů a rybníků, se PBL „rozláme“ do nepravidelných plošek o různé výšce. Přestane plnit funkci „pokličky“ a vodní pára snáz unikne do vyšší polohy, kde z ní vznikne bouřka, anebo ji větry odvanou dál. Tepelná struktura krajiny tak má vliv na lokální meteorologické podmínky.

Vliv kůrovcové kalamity na malá povodí

Les dobře zachytává malé a střední srážky, ale lesní půdy bývají málo mocné a neporadí si s velkými srážkami. Les vždy omezuje erozi, do určité míry tlumí hydrologické extrémy. Významné je, že čistí vodu. Voda z lesa pochopitelně obsahuje jen

Rozptýlená mozaika poliček, lesů a kamenitých pastvin, vysoké srážky a hodně sněhu vytvářejí ze šumavských plání oblast, která ve svých mokřadech zachytíla víc vody než lipenská přehrada (foto Jiří Jiroušek)



zlomek zemědělské „chemie“. Hydrologická funkce lesa je obnovena již při stáří stromů 8–12 let. Při stejné velké spotřebě vody je nejvyšší výnos dřeva u směsných lesů. Vysvětluje se to tím, že vodní hospodářství jednotlivých stromů je doplňkové, tedy že mají mezi sebou vyladěné hydrologické vztahy. Přílišná konkurence by oslabil les, který by pak nemohl tak účinně plnit svoji regionální hydrologickou funkci. A tou je udržet kontinuitu lesa.

V dnešní době nás nejvíce zajímá experiment s kůrovcem – co udělají vykácené plochy se srážkami? Nezvětší se sucho? Dřívější měření, ale prováděná na mnohem menších plochách, ukázala, že holiny mají i oproti zapojenému lesu poměrně malý hydrologický dopad, pokud rychle zarostou buříní (ta dokáže oproti lesu spotřebovat až 60 % srážek) a nemají poškozený půdní pokryv. Nejenom v zemědělství, ale i v lese se neustále musíme vracet ke stavu půd. Kompaktní půdy, jaké se typicky vyvíjejí pod smrkovými porosty, vedou lépe teplo, které o horkém letním dni může zasahovat do větších hloubek. Tím se o něco zvýší odpar v půdním pokryvu. O chladné noci naopak rychleji odvádějí vodní páru k povrchu, protože vodní pára sleduje dráhu k chladnějšímu rozhraní, kde je množství páry nižší. Denně se tak může z čtverečního metru lesní půdy odpařit 0,4–2 mm vody, což je poměrně dost, protože běžný odpar dosahuje hodnot až 4–12 mm za den.

Významná je role povrchové vrstvy surového humusu (hrabanky či drůbe steli-va), který může fungovat jako mulč, tedy stínit povrch půdy a zabraňovat odparu, anebo – je-li dostatečně porézní – sít srážkovou vodu a postupně ji uvolňovat do hlubších částí půdy, či v opačném případě vytvářet neproniknutelný pokryv slehlého jehličí či zejména bukového listí, po kterém voda steče. V přírodních lesích USA zachytává humus ročně až 50 mm srážek, což je poměrně dost, protože roční evapotranspirační spotřeba lesa v pahorkatinách je 400–700 mm. Listnaté stromy jako celek spotřebovávají víc než jehličnany, ale existují velké rozdíly např. mezi topolem (až 1000 mm) a dubem (podle druhu 350–450 mm, za dostatku vod i víc než 500 mm). Podobně jako se říká, že rozdíl mezi lékem a jedem je v dávce, tak i v lese velice často jeden faktor působí pro i proti zachytávání vody. V místní vodní bilanci většinou nejlépe dopadá porost podobný lesostepi či zahradě, což alespoň v malém měřítku ekologických farem otevírá dveře agrolesnickým postupům.

Dlouhodobé výzkumy víc než stovky malých povodí ukázaly, že les vodu spotřebovává. Zarůstající alpské pastviny snižují vydatnost potoků až o třetinu. Je to nepříjemné, ale méně stromů znamená víc vody v potoce. Už Plinius si všiml, že prameny se obnoví, když vykácíte les. Jenže tohle platí, jen když uvažujeme v měřítku jednoho místa. Co když v „našem“ lese prší z vody odpařené v jiném lese? Rovněž malá a velká povodí se chovají rozdílně a podobně i lesy v horách vodu spíš doplňují do podzemních zásobníků, zatímco lesy v nížinách ji spíš spotřebovávají. Jsou dokumentovány případy, kdy vykácení lesa způsobilo větší sucho, ale to se dalo ještě lépe vysvětlit zhoršením půdních vlastností.

Po desetiletích dlouhodobých výzkumů se ukazuje, že lesy reagují individuálně, protože v různých oblastech prší či sněží jinak, svahy jsou více či méně ukloněné a také mocnost a kvalita půdy je odlišná. Za této situace předpokládat, že když vysázíme nějaké stromy, tak automaticky zlepšíme vodní funkci krajiny, je sice atraktivní, ale naivní. Je zapotřebí vědět, co děláme a proč to děláme. V místech, kde hodně fouká, zpomalují stromy proudění a tím odpar. Pokud jako nej-

větší riziko vnímáme letní vlny veder, tak stromy výrazně pomáhají, protože snižují teplotu o 8–12 °C, ale musí mít dost vody. Jinde však mohou vodní ztrátu prohloubit. Co se za této nejednotné situace dá s lesem udělat a nemělo by způsobit větší škodu?

- Smíšený les bývá hydrologicky úspěšnější.
- Rozvolněný les s travním podrostem blížícím se lesostepi hospodaří s vodou s nejvyšší účinností. Roste však pomalu, stromy bývají nízké a je vhodné nalézt hospodářské využití travních porostů, např. k pastvě.
- Největší pozornost a ochranu zasluhují lesy v podhorských oblastech nad zdrojnicemi řek a lesy v údolnicích, kde stíní vodní toky a brání erozi.
- Vodu z lesa nejlépe odvádějí špatně založené nebo neudržované lesní cesty. Je třeba vracet se k dávno ozkoušeným způsobům: vsakovacím příkopům a struhám, hrazení toků a dalším technikám zpomalování odtoku a zachytávání vody.
- Vyšší teplota vždy znamená víc lesních požárů. Pomáhají malé protipožární nádrže nebo pásy špatně hořlavého lesa oddělující porosty jehličnanů.
- Podobně jako na poli, tak i v lese hodně záleží na kvalitě půdy a zejména kypřé, neslehlé povrchové hrabanky, která saje vodu.

Všimněte si, jak stíny stromů omezují odpar z půdy. Stromy rovněž zpomalují vysušující sílu větrů, zachytávají sníh a v létě se pod nimi tvoří rosa; Polánka u Ratibořských Hor na Táborsku (foto Jiří Jiroušek)



Malé úpravy v krajině

Je zvláštní, že v této době se obrovská pozornost věnuje v podstatě jenom velkým investicím, velkým úpravám a velkým stavbám, jako by neexistovaly malé potřebné práce. Pokud je cílem zachytit na každém hektaru plochy co nejvíc vody, tak právě naopak stojíme před tisíci, ne-li miliony (bez přehánění) drobných úprav. Patří mezi ně organické hnojení, správná orba, smíšené lesní porosty, meze, mělké, krouťící se toky potoků, vsakovací jámy a strouhy, správné vedení lesních a polních cest a mnoho dalšího. Předpokládáme, že právě tisíce jednoduchých, ale někdy manuálně pracných drobných úprav, ke kterým často potřebujeme jen jednoho chlapa a jeden rýč, budou tvořit základ budoucích úprav krajiny.

Budoucnost jako kumulativní proces

Neznám žádnou studii, která by uváděla, že za současné sušší podmínky může jeden určitý faktor. Většinou opatrně hovoříme o vlivech. Pojďme předpokládat, že příčinou sucha je několik faktorů, jež se sčítají a které jsou v různých krajinách zastoupené v odlišné intenzitě. Jejich kumulativní účinek je však natolik velký, že posouvá pole ekosystémové stability za určitou hranici. Stačí pak poměrně malý výkyv, aby systém jako např. les osciloval mezi různými způsoby existence, anebo se posouval až o dva vegetační lesní stupně výš.

V podstatě existují tři hlavní způsoby, jak v krajině zadržet co nejvíc vody. Tím prvním je péče o krajinu, druhým péče o kvalitu a množství půdy – čím víc půdy máme, tím víc vody v ní pochopitelně můžeme skladovat – a třetím způsobem je vhodné lesní hospodářství. Prvním lékem na udržení vody je zmenšení zrna krajiny a zvýšení hrubosti povrchu. Jinými slovy – krajina by měla být alespoň ve svažitých terénech víc dělena mezemi a remízky, mělo by v ní být víc mokřadů a míst umožňujících vsak. V zásadě můžeme naši krajinu z hlediska srážek rozdělit na svahy, kde vodu zachytáváme v půdě v depresích a na terasách, a na říční systémy, kde pracujeme s prodlužováním toků a zvětšováním plochy, na které voda sytí nivní sedimenty. Zároveň se musíme věnovat stavu půd, zejména na doplňováním organické složky a citlivým hnojením, které nevytváří dešťovou past. Budoucnost většiny našich lesů pravděpodobně spočívá v prosvětlených, smíšených lesích.

Stabilita dřívějších civilizací ze všeho nejvíc závisela na hospodaření s půdou, což v sušších podmínkách vždy znamenalo hospodaření s vodou. A protože klima nezměníme, určitě ne během několika desetiletí, je třeba se adaptovat na podmínky extrémnějšího klimatu s delšími suchými obdobími. V dlouhodobém měřítku však ani tyto způsoby adaptace nebudou stačit, a tehdy nejspíš bude jediným vhodným způsobem jiné nastavení společnosti, skoro bychom řekli kulturní revoluce, směřující k dematerializaci, tedy snižování spotřeby materiálních předmětů a toků energií.

Výběr z literatury

B. Lancaster a kol. *Rainwater Harvesting for Drylands and Beyond*. I–II. Arizona: Rainsource Press. Tucson 2006–2009, 5. vydání; L. W. Mays (ed.). *Ancient Water Technologies*. Dordrecht: Springer 2011; Ch. R. Ortloff. *Water Engineering in the Ancient World. Archaeological and Climate Perspectives on Societies of Ancient South America, the Middle East, and South-East Asia*. Oxford: Oxford University Press 2009; T. Y. Oweis a kol. *Water Harvesting for Agriculture in the Dry Areas*. Balkema: CRC Press 2012; O. Wikander (ed.) *Handbook of Ancient Water Technology*. Leyden: Brill 2000.

Mlok skvrnitý (kresba 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 Českého masivu, z potenciálních lokalit 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. 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*.

V EDICI VĚDA KOLEM NÁS PŘIPRAVUJEME:

Radek Mikuláš: **Ichnofosilie**

Jindřich Dejmek: **Organizace spojených národů**

Zora Hesová: **Muslimové v Evropě**

DOSUD VYŠLO:

Marta Vlasáková: **Bernard Bolzano**

Jaroslav Pánek: **The Czech Historical Review**

Daniela Čadková: **Recepty antické kultury v databázích**

Edice Věda kolem nás | Výzvy a otázky

Zadržování vody v krajině od pravěku do dneška | Václav Cílek

Vydalo Středisko společných činností AV ČR, v. v. i. Grafická úprava dle osnovy Jakuba Krče a sazba Serifa. Odpovědná redaktorka Petra Královcová. Vydání 1., 2021. Ediční číslo 12834. 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