

Prach a písek mezi nebem a zemí

Jak je patrné z ostatních příspěvků v tomto vydání Živy, vítr hraje klíčovou roli v řadě přírodních procesů a je esenciálním faktorem podílejícím se na homeostázi globálního klimatu. Tento živel je však také důležitým geologickým činitelem, který soustavně mění tvářnost povrchu všech kontinentů – na jedné straně horninovou hmotu ubírá a modeluje reliéf do mnohdy bizarních tvarů, na straně druhé ji v kvalitativně odlišné podobě hromadí v mocnosti přesahující někdy i stovky metrů. Akumulace takto přemístěného materiálu se nazývají eolické sedimenty. Pokrývají více než třetinu povrchu souší a jsou důležitým zdrojem informací o současných i dávných environmentálních procesech.

V porovnání s jiným typem transportu (říčním, ledovcovým, gravitačním, antropogenním) je unášecí schopnost větru podstatně nižší. Do vzduchu se dostávají nejčastěji částice menší než 1 mm, tedy písek, prach a jíl, které jsou větrem přemístovány na vzdálenosti v řádu metrů až tisíců kilometrů. Nejjemnější frakce jsou stabilní komponentou atmosféry, ovlivňující významně radiční bilanci Země (rozptylují a/nebo pohlcují sluneční a infračervené záření), koloběh vody (vznik kondenzačních jader) a další složky klimatického systému. Délka eolického transportu se odvíjí především od síly větru a členitosti reliéfu. Nejvíce se větrný přenos částic uplatňuje v nezalesněné a ploché krajině s dostatkem nezápevného horninového materiálu. V současnosti jsou to hlavně semiaridní až hyperaridní oblasti okolo obou obrátek – africké pouš-

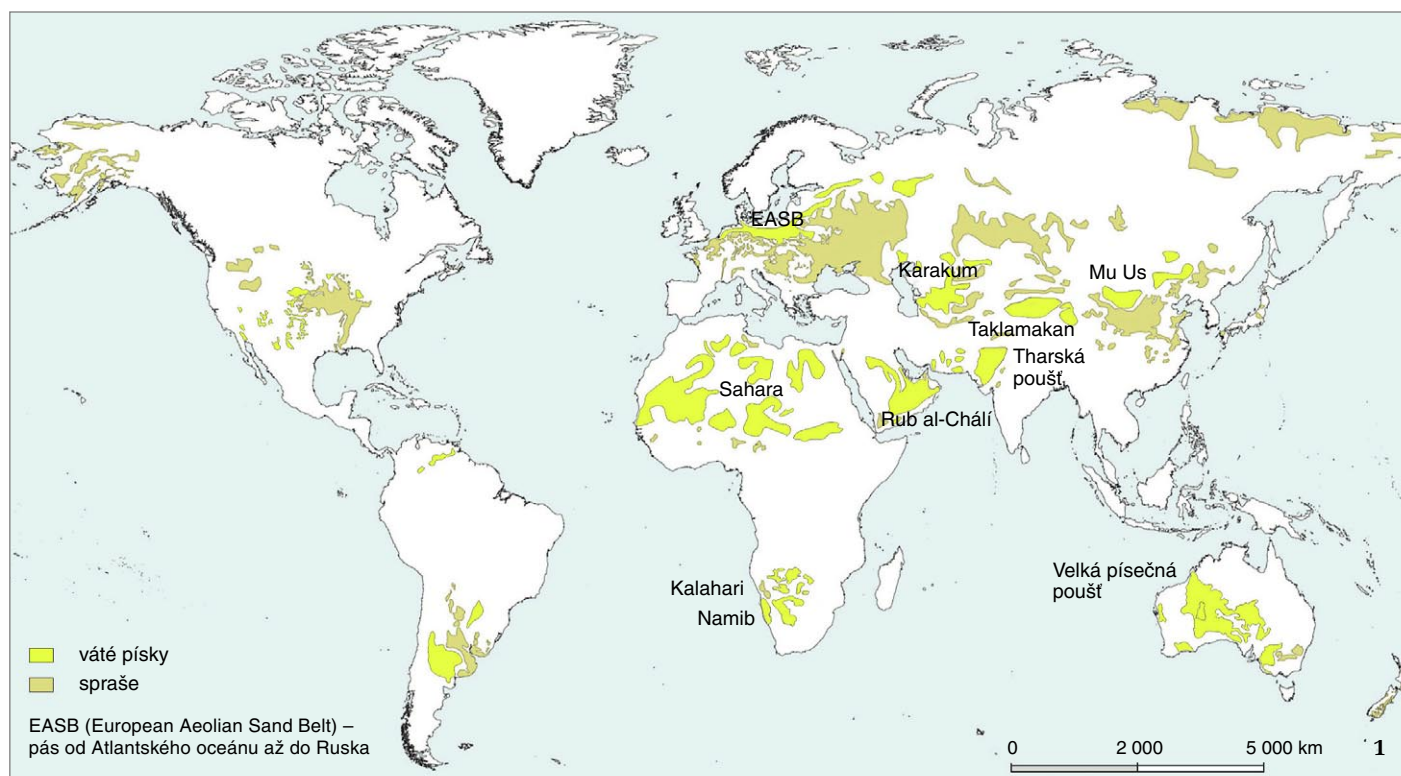
tě Sahara, Namib a Kalahari, Rub al-Chálí na Arabském poloostrově, Velká písečná a Viktoriina poušť v Austrálii nebo Velká indická (Thárská) poušť a pak také vnitrokontinentální suché oblasti, jakými jsou např. středoasijské pouště Karakum, Taklamakan a Mu Us (obr. 1).

Sahara hnědá i zelená

Písečné pouště jsou ideálním prostředím, kde lze zkoumat dynamiku eolických procesů včetně biotických a abiotických faktorů podílejících se na proměnlivosti výsledného sedimentárního záznamu. V případě nejrozsáhlejší pouště na světě – Sahary – je navíc k dispozici členitý archeologický a paleoenvironmentální kontext, který umožňuje zabývat se vývojem tohoto prostředí ve vztahu k dlouhodobým hydroklimatickým a vegetačním změnám. V součas-

nosti se Sahara, podobně jako další výše zmíněné písečné pouště, nachází v plně aktivní fázi. Aridní podmínky brání rozvoji vegetace, nesoudržný, půdním pokryvem nechráněný povrch je náchylný k větrné erozi a v otevřené a relativně ploché krajině dochází k dálkovému větrnému transportu materiálu. V samotné Sahaře vzniká mozaika rozsáhlých odsonných (deflačních) ploch a více či méně souvislých akumulací písečných dun s mocností až desítek metrů. Paleoenvironmentální i archeologická evidence nicméně dokládají, že tomuto režimu, panujícímu zde s různou intenzitou posledních pět tisíc let, předcházely podstatně odlišné podmínky. Během časného a středního holocénu, zhruba před 11 až 5,5 tisíci let, zasahovaly tropické monzuny o stovky kilometrů severněji než dnes. V podstatné části dnešní saharské pouště se nacházela savana, v okolí tehdejších řek a jezer pravděpodobně i zapojený les. Během této africké humidní fáze (African Humid Period – AHP) dochází ke stabilizaci písečných dun a výraznému útlumu eolické sedimentace, která byla lokalizována jen do nejsušších oblastí v centrální a severní části Sahary, případně do okolí písečných aluvií tehdejších řek. Dokládají to nejen radiometrická data ze samotných saharských dun, ale i litologický záznam z mořských sedimentů u pobřeží severní Afriky. Sedimentologické analýzy vrtů odebraných ze dna východního pobřeží Atlantského oceánu, Rudého a Středozemního moře shodně ukazují, že během AHP se v mořském sedimentu nachází více než trojnásobně nižší koncentrace eolického prachu ve srovnání s předchozím a následujícím obdobím (obr. 2). Ve vrtech

1 Eolické sedimenty představují jednu z nejrozsáhlejších terestrických facií. Na mapě jsou zobrazeny hlavní akumulční oblasti eolického prachu (spraší) a písku. Upraveno podle: J. Sun a D. R. Muhs (2007) a K. Fenn a C. Prud'Homme (2022)

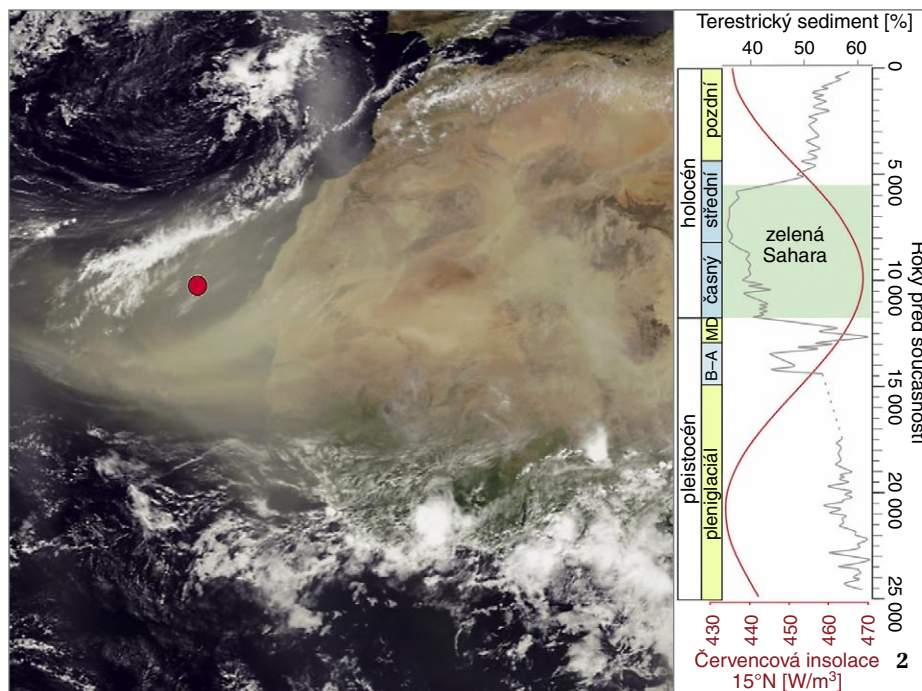


pokrývajících delší časové úseky kvartéru je navíc patrné, že expanze monzunů do severnějších oblastí a s tím spojená redukce eolických procesů v prostoru dnešní Sahary je charakteristická i pro počáteční fáze předchozích interglaciálů, v přímé souvislosti s cyklickou změnou precese zemské osy (viz článek na str. 225–227). Konec poslední humidní fáze byl podle všeho velmi náhlý, odehrávající se v řádu desítek, maximálně stovek let. Savana se rychle mění zpět v poušť, dochází k degradaci půd, destabilizaci povrchu, intenzivní resedimentaci eolického materiálu a celkové desertifikaci. Přímá pozorování dokládají, že během posledních sta let tento proces akceleruje a poušť expanduje na jih rychlostí až 50 km za rok, v patrné souvislosti s globální klimatickou změnou a intenzifikací zemědělské činnosti v přilehlém pásu sahelu.

Eolické sedimenty a kvartérní klimatický cyklus

Stručně popsáný průběh cyklické změny saharské pouště (dokumentovaný s regionálními variantami i v dalších písečných pouštích nižších zeměpisných šířek) ilustruje silnou vazbu eolických erozní-sedimentačních procesů na hydroklimatické a půdně-vegetační změny. Univerzální platnost tohoto vztahu lze ale demonstrovat i mimo aktuálně aridní oblasti. Důležité poznatky v tomto smyslu poskytují eolické sedimenty z nynějších temperátních zón severní polokoule, včetně prostoru střední Evropy. I když je to z perspektivy současného klimatu špatně představitelné, podstatnou část nejmladší geologické minulosti panovaly v této oblasti klimatické podmínky srovnatelné s těmi saharskými. V plné míře to platí přinejmenším pro posledních zhruba 600 tisíc let, tedy období středního a svrchního pleistocénu (mořský izotopový stupeň – MIS 19–2). Kvartérně-klimatický cyklus tohoto úseku je charakteristický dlouhou periodicitou 100 tisíc let s jasnou dominancí dlouhých a hlubokých glaciálů. Modelovým příkladem může být cyklus poslední (asi 127 – 11,7 tisíce let před současností; kiloyears before present, ky BP), zahrnující předposlední interglaciál (eem, MIS 5e) a poslední (viselský) glaciál (MIS 5d – MIS 2), ke kterému máme nejvíce kontextuálních informací, včetně cenných poznatků z ledovcových vrtů v Grónsku.

V eemském interglaciálu (tedy zhruba 127–117 ky BP) byl prostor střední Evropy téměř kompletně pokryt lesem včetně některých biotopů, jež jsou v současnosti přirozeně bezlesé. Po většinu tohoto teplého období dominuje chemogenní typ zvětrávání a intenzivní pedogeneze, povrch je stabilizován a erozně-akumulační procesy omezeny v podstatě pouze na horský reliéf a nivy meandrujících toků. Eemské klimatické optimum bylo ukončeno okolo 118 ky BP náhlým ochlazením, a především poklesem srážek. Během této zhruba 500 let trvající klimatické oscilace označované jako Late Eemian Aridity Pulse (LEAP) dochází k ústupu temperátních dřevin a celkové fragmentaci vegetačního pokryvu. Vysoká koncentrace eolického prachu identifikovaná ve vrstvách příslušného stáří v jezerních a jeskynních sedimentech na řadě evropských lokalit i v ledovcovém záznamu grónského ledovce



(vrty NGRIP a RECAP) jednoznačně indikuje zvýšení atmosférické prašnosti a celkové zintenzivnění dálkového eolického transportu. Nástup i konec LEAP byly velmi náhlé, odehrávající se během méně než 20 let (Sirocko a kol. 2005). Příčina této oscilace pravděpodobně souvisí s jižní expanzí grónského ledovcového příkrovu do severního Atlantiku a následným narušením funkčnosti severoatlantické větve termohalinního oceánického výměníku (Golfského proudu) – významného dodavatele tepla do velké části Evropy. Za zmínku v této souvislosti stojí, že popsaný stav do jisté míry připomíná dnešní situaci, kdy zvýšený přísun tavných vod z grónského ledovce oslabuje funkčnost Golfského proudu (Piecuch a Beal 2023), což podle některých predikcí může v brzké budoucnosti vyústit v jeho úplný kolaps (Ditlevsen a Ditlevsen 2023). Klimatické a environmentální důsledky pro evropský kontinent jsou nabíledni.

V případě eemského interglaciálu se sice ještě v jeho závěru klimatické podmínky dočasně zlepšují, zbývající úsek je již nicméně ve znamení četných klimatických výkyvů, které postupně vyústily v nástup glaciálu. V jeho počáteční fázi se prohlubuje trend klimatické nestability, kdy se klimatický režim i struktura vegetace drasticky měnily během několika let až desetiletí od boreálních lesů (tajgy) po řídké lesostepi s výrazným podílem bylinných a travních porostů. V teplejších úsecích časného glaciálu (MIS 5c a 5a) se v nížinných oblastech pod lesostepní vegetací vyvíjely černozemní horizonty. Na jejich povrchu byla na mnoha evropských pedo-sedimentačních sekvencích nalezena 2–3 cm mocná vrstva jemnozrného, velmi dobře vytříděného vápnatého prachu. Původem této „markerové vrstvy“ jsou s největší pravděpodobností mohutné vnitrokontinentální bouře, které v podmínkách aridního klimatu přenášely prach a jemnozrné částice dezintegrováných půdních horizontů na vzdálenosti až několika set kilometrů. Vzhledem k tomu, že se s těmito polohami setkáváme téměř výhradně ve střední a východní Evropě, jsou za jejich

2 Saharská poušť je v současnosti globálně nejvýznamnějším zdrojem atmosférického aerosolu. Satelitní snímek z 19. července 2020 (vlevo) zachycuje obří oblak prachu a písku putujícího ze severní Afriky do oblasti Atlantského oceánu. Na sedimentárním záznamu z mořských uloženin odebraných u západního pobřeží severní Afriky (červený bod) je vidět, že množství takto přemístěného eolického materiálu (šedá křivka) bylo během časného a středního holocénu (zhruba 11 – 5,5 tisíce let před současností) podstatně nižší než v předchozím (glaciálním) a následujícím (pozdě holocenním) úseku. V té době totiž tropické monzuny zasahovaly mnohem více na sever, značná část dnešní Sahary byla pokryta vegetací a povrch stabilizován půdním pokryvem. Fáze zelené Sahary se v geologické minulosti mnohokrát opakovaly a souvisejí s cyklickou změnou množství dopadajícího slunečního záření (insolace) do obratníkové oblasti (červená křivka). MD – stadiál mladší dryas, B–A značí interstadiál bølling-allerød. Foto NASA Worldview, v souladu s podmínkami použití, a orig. J. Hošek, upraveno podle: J. Adkins a kol. (2006)

zdrojovou oblast považovány rozsáhlé přerijní oblasti východoevropských planin (Kukla 1977).

Plně glaciální (pleniglaciální) fáze poslední doby ledové nastává zhruba před 70 tisíci let v souvislosti s prudkým snížením letní insolace (množství slunečního záření) v severních zeměpisných šířkách. Na severních kontinentech narůstají ledovce, klesá hladina světového oceánu a klima se stává celkově sušším. V důsledku dočasně přehřívání a vysuzování severních oblastí Atlantiku se zastavuje oceánický výměník, mizí Golfský proud, v Evropě se velmi rychle ochlazuje a vegetační kryt nabývá podoby otevřené stepi s minimem dřevinné vegetace. Pod vlivem extrémní amplitudy denních a sezonních teplotních výkyvů docházelo ke zvláštnímu typu



3 Na konci posledního glaciálu byla jemnozrnná frakce říčních sedimentů eolicky redeponována a v okolí větších toků vznikaly duny vátých písků. Erozní odkryv vátými písky u Bzence v dolním Pomoraví, přírodní památka Osypané břehy – dunové akumulace v této „Moravské Sahaře“ dosahují mocnosti až 30 m. Foto J. Hošek

fyzikálního zvětrávání hornin – deskvamaci. Prachová zrna vzniklá tímto mrazovým rozpadem byla společně s jemnozrnnou komponentou sypkých sedimentů (fluviální a ledovcové akumulace, obnažené kontinentální šelfy) v lesuprosté glaciální krajině větrem přemísťována na vzdálenosti několika desítek a stovek kilometrů a hromadila se na geomorfologicky příhodných místech. Vzniká indexový sediment glaciálních období a jeden z nejrozšířenějších terestrických sedimentů – spraše (blíže také v Živě 2019, 6: 301–305).

O dálkovém transportu tohoto sedimentu svědčí jeho dokonalá zrnitostní vytříbenost s naprostou převahou prachovité frakce (obvykle 70–90 %). Spraše však nejsou jen pouhá nahromaděná prachu. Tento typ sedimentu má řadu jedinečných vlastností, které více či méně souvisejí s environmentálními specifiky glaciálního prostředí. Jejich zdrojem je specifická postsedimentární diagenese, označovaná jako lesifikace (zesprašnění). Důležitou roli v tomto procesu hraje mráz a kapilární vlhkost. Dochází k iniciálnímu chemickému zvětrání prachových zrn živců s uvolněním mobilních kationtů sodíku, draslíku a vápníku. V podmínkách srážkově deficitního glaciálního klimatu ovšem nedošlo k úplnému vyplavení vápníku. Část zpětně agreguje na zrna silikátů a vzniká pelitomorfni karbonát, který prachovou akumulaci dlouhodobě stabilizuje a díky kterému je spraš ideálním fosilizačním prostředím pro vápnité ulity měkkýšů a kosti obratlovců. Vzhledem k vysokému obsahu potenciálně uvolnitelného karbonátu jsou spraše důležitým zdrojem živin v oblastech s minerálně chudým podložím. I když se dnes

se sprašemi ve střední Evropě setkáváme především v nížinných polohách hlavních akumuláčních oblastí, jejich původní rozsah musel být podstatně větší, v postglaciální fázi značně redukován erozními a degradačními procesy. Dokládají to mimo jiné izolované výskyty sprašových sedimentů na vrchovinách i v horském prostředí (často i 1 000 m n. m.), kde se zachovaly jako výplň suťových kuželů, ve skalních puklinách nebo jako bazální člen facie vchodových jeskynních sedimentů.

Nejvýraznější sprašová fáze nastává v nezaledněné části Evropy během posledního glaciálního maxima (asi 27–19 ky BP). Na našem území sevřeném tou dobou v úzkém koridoru mezi skandinávským ledovcem a rozsáhlým systémem alpského zalednění byla dynamika eolického transportu prachu umocněna ještě činností glaciálního fénu, způsobeného přítomností stabilní tlakové níže nad nedalekými ledovci. Po odeznění glaciálního maxima nastává postupně a později poměrně rychle oteplení, ustupuje kontinentální ledovec, probíhá degradace permafrostu a obnovuje se průtok většiny řek. V rychle se zlepšujících klimatických podmínkách sice dochází k postupnému rozvoji vegetace a vývoji iniciálních půd, většina původní permafrostové zóny si však v počáteční fázi udržuje charakter otevřené stepi či lesostepi. Tající skandinávský ledovec při svém ústupu na sever zanechává v nížinných oblastech severní části Evropy rozsáhlé akumulace glaciálufluviálního písčito-prachovitého sedimentu, který zůstává po většinu zbývajícího úseku glaciálu nepokrytý vegetací a stává se společně s jemnozrnnou složkou fluviálních štěrkopísků potenciálně vhodným zdrojem materiálu pro eolický transport. Ten v doposu nezalesněné krajině pokračuje s podobnou intenzitou jako v předchozím vrcholně glaciálním úseku. S nástupem humidnějších podmínek se však již neuplatňuje proces lesifikace prachových akumulací a tvorba spraší postupně vzrůstá. Indexovou facií tohoto úseku se tak stává jiný typ eolického sedimentu – naváté písky. Naváté (případně váté nebo eolické)

písky se, podobně jako spraše, vyznačují vysokým stupněm vytříbení, liší se však podstatně zrnitostí skladbou i způsobem transportu. Dominantní frakcí je zde jemnozrnný písek, jehož zrna se v suspenzi udržují jen relativně krátkou dobu a k větrnému přenosu dochází především saltací (poskokem) nebo posouváním. Délka takového transportu obvykle nepřesahuje několik kilometrů a většina sedimentu se hromadí v bezprostředním okolí zdrojeového materiálu (např. podél řečišť mimo dosah záplavové zóny), kde vznikají sedimentární tělesa ekvivalentní těm v písečných pouštích – duny a plošné pokryvy.

V úpatí údolních niv a na nejnižších terasových stupních evropských toků vznikají v tomto období souvislá pole dunových přesypů, mnohdy až desítky metrů mocných. Ve střední Evropě jsou to zejména roviny Karpatské pánve (povodí Dunaje a Tisy), na našem území pak Dolnomoravský úval v okolí Moravy a Dyje s národní přírodní památkou Váté Písky („Moravská Sahara“, obr. 3), střední Polabí (nesouvislý pás táhnoucí se od Železných hor až po Českou středohoří) a okolí Lužnice na Třeboňsku (Vlkovský přesyp, Slepíčí vršek). Vůbec nejrozsáhlejší akumulace glaciálních navátých písků se však nacházejí v nížinách severní části kontinentu, v oblasti dosahu posledního zalednění. Ohromné množství klackých sedimentů, které zde ledovec zanechal, bylo v nejlhdejších (stadiálních) fázích závěru glaciálu eolicky redeponováno a vytváří víceméně souvislý pás táhnoucí se od Atlantského oceánu až do Ruska (European Aeolian Sand Belt – EASB, obr. 1).

V sekvenci EASB lze odlišit dvě hlavní depoziční fáze reflektující paleogeografické změny v regionu. Starší, méně výrazná fáze koresponduje se stadiálem nejstarší dryas (zhruba 17–15 ky BP), kdy v oblasti převládaly katabatické (sestupné) větry vanoucí severojižním směrem od čela ustupujícího ledovce. Mladší, hlavní fáze odpovídá stadiálu mladší dryas (přibližně 12,7–11,7 ky BP), kdy již převládaly, podobně jako dnes, větry vanoucí od Atlantiku. Jednotlivé fáze byly odděleny klimaticky příznivým úsekem (interstadiálem *bølling-allerød*; 14,6–12,7 ky BP), během kterého ve střední Evropě stepní a lesostepní oblasti rychle zarůstají boreální tajgou. V tomto období dochází k vývoji soustavnějšího půdního pokryvu a výraznému útlumu eolického transportu, o čemž svědčí i náhlý pokles množství prachových částic v jezerních sedimentech a rašeliništích napříč střední a západní Evropou i v grónském ledovcovém záznamu. Duny vátých písků jsou stabilizovány zapojenou vegetací a půdním pokryvem, jak dokládají nálezy horizontů fosilních půd ze sekvencí EASB, ale i dalších izolovaných akumulací mimo tento pás, včetně našeho území. Díky jednotnému substrátu i vegetačnímu pokryvu mají tyto půdy v zásadě uniformní vývoj (podzoly) a pod označením *Usselo soils* jsou důležitými markerovými horizonty pozdního glaciálu. Jejich charakteristickým rysem je výrazná vrstva uhlíků na povrchu, signalizující rozsáhlé požárové události, které v prostoru střední a severní Evropy postihly tehdejší boreální lesy. Příčinou velkoplošných požárů byla s největší



4



5

4 a 5 Větrná eroze půdy je jedním z nejzávažnějších environmentálních problémů současnosti. Kombinace nevhodných zemědělských praktik a série extrémně suchých roků způsobila ve 30. letech 20. století v centrální oblasti Spojených států amerických rozsáhlé prachové bouře. Svě domovy muselo v důsledku této ekologické katastrofy opustit více než půl milionu lidí. Foto: United States Department of Agriculture

větší environmentální a humanitární krize v amerických dějinách. Kombinace nevhodného hospodaření a série abnormálně suchých sezon mezi lety 1934 a 1940 proměnila ornici na prach. Následovaly takřka permanentní prachové bouře srovnatelné rozsahem a intenzitou s výše zmíněnými vnitrokontinentálními prachovými bouřemi z počátku posledního glaciálu. Z oblasti o rozloze bezmála půl milionu km² bylo větrem erodováno několik miliard tun ornice, která ve formě eolického prachu pokryla podstatnou část severoamerického kontinentu (obr. 4 a 5). Značné množství prachových částic se dostalo i do vyšších vrstev atmosférické cirkulace (Donarummo Jr. a kol. 2003) a po několik let ovlivňovalo globální klimatický režim v úvodu zmíněným způsobem.

Větrná eroze zemědělské půdy je jedním z nejpálčivějších environmentálních problémů aridních a semiaridních oblastí na celém světě. Na vině je mimo zintenzivnění zemědělské produkce bezesporu i současná globální klimatická změna, která se kromě soustavného zvyšování teploty vyznačuje i abnormální distribucí dešťových srážek a aridizací rozsáhlých oblastí. Objem generovaného eolického prachu v posledních třech dekádách konstantně stoupá a společně se zvyšující se produkcí průmyslových polutantů představuje nezanedbatelný podíl atmosférického aerosolu. Odhadnout, do jaké míry může tato skutečnost ovlivnit současný a budoucí vývoj globálního klimatu, je s ohledem na komplexitu klimatického systému krajně obtížné.

Práce byla podpořena projektem Univerzity Karlovy (UNCE/24/SCI/006).

Použitá literatura uvedena na webu Živý.

pravděpodobností zhruba 200 let trvající klimatická oscilace v závěru allerødu, vyznačující se výrazným ochlazením, ale především náhlou aridizací klimatu. Mimo drastický efekt na vegetaci se projevila i zvýšenou atmosférickou prašností a akcelerací erozních procesů. Událost předznamenala nástup stadiálu mladší dryas, což bylo tisícileté období, během něhož zažívá většina kontinentu klimatické podmínky srovnatelné s těmi vrcholně glaciálními. Boreální lesy vyvinuté v předchozím teplém úseku jsou během několika sezon nahrazeny tundrou, případně lesostepí a půdní pokryv podléhá plošné erozi. Ve znovuotevřené krajině dochází k poslední, ale o to intenzivnější fázi sedimentace eolických písků, jejichž zdrojem jsou mimo zmíněné glacienní a fluvialní sedimenty i destabilizované duny z předchozích stadiálů. Větrná redepozice pleistocenních eolických sedimentů pokračuje ve střední Evropě i v časných fázích holocénu, s nástupem plně interglaciálního režimu (viz charakteristika eemu výše) však postupně vyznívá.

„Špinavá třicátá“

Vybrané momentky z posledního kvartérního klimatického cyklu, opakující se s mírnými obměnami i v cyklech předešlých, ilustrují vztah dynamiky eolických procesů ke klimatickým změnám, resp. půdně-vegetačnímu vývoji. Nejmladší fáze současného interglaciálu (pozdní holocén) z tohoto rámce však poněkud vybočuje. Toto období se vyznačuje řadou pro interglaciály atypických jevů, jakými jsou např. akumulace

mocných sledů svahovin v úpatí kopců, hluboké erozní strže ve sprašových oblastech, škrapové srážy v úbočí krasových planin i průběžná a regionálně intenzivní (re)sedimentace eolického prachu a písku v temperátních oblastech – fenomény, které se z pohledu kvartérní geologie jeví jako částečný návrat k poměrům ledových dob a bezesporu souvisí s intenzifikací zemědělské činnosti. Akcelerace erozně-akumulačních procesů nastává počátkem 20. století se zavedením motorových pluhů do zemědělské praxe. Podstatná část zatravněných ploch i lesních porostů mírného pásu se velmi rychle mění na hluboce oraná pole a povrch se stává mimořádně náchylným k vodní i větrné erozi.

Příkladem extrémní proměny krajiny mohou být Velké pláně ve Spojených státech amerických. Z rozsáhlých prérí, pokrývajících původně téměř pětinu rozlohy USA, byla během posledních 150 let na ornici přeměněna více než polovina plochy a zbývající část dnes mizí alarmujícím tempem přibližně 2 % ročně. Stepní černozemě Velkých planin jsou sice zemědělsky značně produktivní, ale v semiaridních podmínkách kontinentálního klimatu ztrácejí bez travního pokryvu původní soudržnost a rychle degradují. Dezintegrovaná zrna prachu a jílů jsou ideálním zdrojovým materiálem větrného transportu, který se v ploché krajině Velkých planin může uplatňovat v obrovském plošném rozsahu. Tragickým dokladem efektu takových zemědělských praktik budiž nechvalně proslavená „špinavá třicátá“ (Dirty thirties) – nej-