Erozní procesy a změna klimatu

Podhrázská, J.

Pojem „změna klimatu“ vyjadřuje odhad či predikci budoucího klimatu podle výsledků z klimatologických modelů, které se ve výstupech i liší. Základem převážné části provozovaných klimatologických modelů je radiační bilance. Jde o přirozený proces, problémem je zesilování skleníkového efektu emisemi skleníkových plynů a následné ovlivňování podnebí (Smith 1993).

V současné době je změna klimatu velmi diskutovaným globálním problémem. Klima se na Zemi sice měnilo od počátku její existence, ale v posledních několika desítkách let je míra změn mnohem intenzivnější a výrazně rychlejší. Je zřejmé, že se na změnách neblaze projevuje vzrůstající vliv člověka. Změna klimatu ovšem představuje velmi závažný celosvětový a bezprostřední problém, a to i bez ohledu na diskuse o tom, jak mnoho se na této změně podílí lidská činnost (Pondělíček a Šilhánková, 2016).

Očekává se, že globální oteplování povede k intenzivnějšímu hydrologickému cyklu, včetně většího množství srážek a častějších srážek s vysokou intenzitou. Množství srážek a jejich intenzita se ve Spojených státech v průběhu 2. století v průměru zvýšily a podle modelů změny klimatu se očekává, že se budou i nadále zvyšovat během 21. století (Nearing et al. 2015). Tyto změny srážek, spolu s očekávanými změnami teploty, slunečního záření a koncentrací CO2 v atmosféře, budou mít významný dopad na míru eroze půdy.

Procesy, které se podílejí na dopadu změny klimatu na erozi, jsou složité, zahrnující změny v množství a intenzitě srážek, počet dní srážek, poměr deště ke sněhu, produkci rostlinné biomasy, míru rozkladu rostlinných zbytků, mikrobiální aktivitu půdy, evapotranspiraci a změny ve využívání půdy nezbytné k přizpůsobení se novému klimatickému režimu (Nearing et al. 2015).

Na území České republiky lze očekávat, že se změna klimatu projeví několika způsoby. Za nejdůležitější jsou považovány: dlouhodobé sucho, povodně a přívalové deště, zvyšování teplot, extrémní meteorologické jevy a přírodní požáry (Pondělíček a Šilhánková, 2016). Rožnovský (2016) definuje změny podnebí na krajinu ČR takto: zvyšování teplotně nadprůměrných roků, nárůst teploty vzduchu, meziroční proměnlivost srážkových úhrnů, delší bezesrážková období a v posledních desetiletích růst počtu období s výskytem sucha.

Půdní eroze je pohyb a transport půdy různými činiteli, zejména pohybem vody, větru a hmoty; proto klima je klíčovým faktorem. Zvýšení eroze půdy je silně spojeno s odstraněním přirozené vegetace umožňující využití půdy pro zemědělství a s používáním zemědělských postupů nevhodných pro půdu, na které se praktikují. To v kombinaci s klimatickými změnami a předpokládaným nárůstem extrémů počasí, vytvořilo ideální podmínky pro erozi půdy. Hlavní klimatické faktory ovlivňující erozi půdy jsou srážky (množství, frekvence, doba trvání a intenzita) a vítr (směr, síla a frekvence větru s vysokou intenzitou), spojené s vysoušením půdy. Využití půdy, typ půdy a topografie jsou další klíčové faktory.

Je však důležité si uvědomit, že eroze je specifická pro danou lokalitu a různá změna podmínek ji může zvýšit nebo snížit (Varallyay, 1990,1994,2002; Szabolc 1990).

Eroze půdy, která způsobuje ztrátu vysoce kvalitního půdního materiálu, je vnímána jako jedna z nejproblematičtějších a nejviditelnějších forem degradace půdy v Evropě (Boardman a Poesen, 2006). Celková míra skutečné eroze půdy a skutečný rozsah erodovaných oblastí jsou však často známy pouze v lokálním měřítku na základě informací z prostorových omezených terénních kampaní. V regionálním a globálním měřítku jsou informace o erozi půdy dostupné pouze ve formě potenciálního rizika eroze, odhadů odborných znalostí nebo výpočtů s využitím empirických modelů potenciálních ztrát půd (Novotný et al., 2017). Odhadem ztráty půdy vodní erozí v rámci EU se zabývali Panagos et . al. (2015). Pro výpočty použili modifikovanou rovnici výpočtu erozního smyvu (RUSLE 2015). S využitím vstupních vrstev s vysokým rozlišením v evropském měřítku byla vytvořena mapa ztráty půdy. Pomocí tohoto přístupu bylo zjištěno, že s vyloučením erozně neohrožených ploch (zastavěná území, skály, ledovce, vodní útvary) je průměrná roční ztráta půdy erozí 2,46 t.ha-1. největší ztráty půdy byly zjištěny ve Středomoří a v alpinských regionech Slovinska a západního Rakouska, zejména díky velké svažitosti a vysoké erozivitě deště. Podle těchto závěrů by se měla protierozní opatření soustředit na 24% evropských půd s průměrnou roční ztrátou půdy vyšší než 2 t.ha-1. Naproti tomu Cerdan, et al. (2010) sestavili databázi z intenzit eroze měřených na erozních pozemcích, publikovaných v literatuře. Statistické analýzy potvrdily dominantní vliv land use a land cover na intenzitu eroze. Na základě výsledků vypočetli průměrnou plošnou a rýhovou erozi pro Evropu: Odhadnutá intenzita eroze rýžkové a mezirýžkové byla 1,2 t. ha-1 pro zemědělskou půdu a 3,6 t.ha-1 pro ornou půdu. Vyšší intenzita eroze je v sklonitých územích západní a  centrální Evropy a na úpatí evropských pohoří. Pro ČR byly využity informace z publikace Dostál, et al. (2006). Pro českou republiku byl odhad intenzity eroze jeden z nejvyšších v rámci EU: 2,6 t. ha-1.

Pro účely ochrany půdy před vodní erozí je nutné znát výskyt, rozdělení a intenzitu srážek. Pro procesy vodní eroze jsou rozhodující zejména srážky přívalové, pro ohrožení půd větrnou erozí hrají pak významnou roli srážky zimní a srážky v jarních měsících, které rozhodují o vlhkosti půdy a tím ovlivňují její erodovatelnost větrem. Eroze působená sněhem je vzhledem k zanedbatelné kinetické energii dopadajících vloček nulová. Erozi v zimním období však může reálně působit sesun půdních vrstev, způsobený ujetím vrchní přemokřené vrstvy půdy po vrstvě spodní, ještě zmrzlé při pomalém jarním tání (Středová, Toman, 2011).  Mezi další procesy s projevy eroze patří eroze orbou a eroze sklizňová (Hrabalíková 2016).

Lze očekávat, že se erozivní síla dešťů změní spolu s dalšími změnami klimatu (Nearing, 2001). Ve druhé polovině 20. století byl nejdůležitějším vlivem na půdní erozi posun od travních porostů k orné půdě, který byl spojen s mechanizací a zintenzivněním zemědělské produkce (Boardman, 2013; Howden et al., 2013). Některé další změny, zejména rozšíření pěstování vysoce erozně rizikové kukuřice např. i pro potřeby BP stanic, mohou mít další význam z hlediska měnící se erodibility. Burt,. et al.(2015) vyhodnocovali množství dlouhodobých denních záznamů srážek z vybraných meteorologických stanic jihovýchodní Anglie za roky 1900-2010. Vyhodnoceny byly počty deštivých dní,(suma nejméně 0,25 mm), průměrná srážka za deštivý den, počet přívalových srážek (dvoudenní úhrn nejméně 30 mm. Ve všech případech zjistili pokles počtu deštivých dnů, a nárůst průměrné hodnoty srážky v deštivém dnu. Množství deště za deštivý den vzrostlo ve všech ročních obdobích, včetně podzimu a zimy, kdy velká část eroze probíhána polích s ozimy. Obdobné výsledky – nárůst erozivity deště i množství srážek v jihovýchodní Austrálii – prezentují i Pittock (1975). V  Belgii Verstraeten et al.(2006) prezentuje nárůst hodnoty R faktoru (faktor erozivity deště) za období 1991-2002 o 31% ve srovnání s vyhodnocením za roky 1898-2002 . V centrální části USA byly vyhodnoceny denní úhrny srážek ze  447 měřicích stanic (Villarini et al. 2013). Byl zjištěn rostoucí trend přívalových srážek severní části regionu, což je oblast s rostoucím trendem zvyšování teploty a s tím spojeným výparem. Ve východním Karoo, jižní Afrika, stabilně rostla průměrná výška deště za 100 let na 12 mm, což je nad limitem pro půdní smyv na holé, neúrodné půdě.

Nearing (2004) a jeho spolupracovníci studovali, jak rostoucí srážky, jejich množství a intenzita způsobené změnou klimatu vedou k vyšší míře eroze. Podle jejich zjištění eroze vzroste přibližně o 1,7% za každé 1% změny roční srážky. Dominantním faktorem souvisejícím se změnou míry eroze je množství a intenzita srážek, které spadnou v přívalu, spíše než počet deštivých dní v roce. Lee (1996) a jeho spolupracovníci zjistili lineární vztah mezi srážkovým množstvím a odtokem, způsobujícím erozi. Změna množství srážek o -20 až 20% mělo za následek změnu odtoku odhadem -40 až 40%. Ze vztahu mezi odtokem a intenzitou a četností srážek bylo zjištěno, že intenzita srážek měla větší vliv na odtok než frekvence srážek. Každá 1 procentní změna v množství srážek měla za následek průměrně 2,5% změnu odtoku, pokud změna intenzity představovala celou změnu množství; průměrná 1,28% změna odtoku nastala, pokud změna frekvence odpovídala celé změně množství srážek a průměrná 1,97% změna odtoku nastala, pokud kombinace změny intenzity a frekvence způsobila změnu objemu srážek.

Druhý dominantní proces týkající se eroze a změny klimatu je produkce biomasy. Množství biomasy se mění změnou klimatu v důsledku změn teploty, vlhkosti a atmosférického oxidu uhličitého a vliv biomasy se řadí z pohledu dopadu na míru eroze hned vedle srážek (Nearing,2004).

Třetí hlavní proces změn intenzity eroze v důsledku změny klimatu je využití půdy. Podrobné změny ve využívání půdy jako funkce budoucích klimatických podmínek (jak klimatických, tak ekonomických) je téměř nemožné předvídat s jakoukoli mírou přesnosti.

Změna klimatu tedy pravděpodobně ovlivní vodní erozi půdy díky jejímu vlivu na intenzitu srážek, erodovatelnost půdy, vegetační kryt a typ land use. Scénáři rozvoje erozních procesů v semiaridním povodí regionu Alqueva v Portugalsku se zabývali Ferreira,V. et. al. (2015). Použili přitom modelování pomocí RUSLE (revised universal soil loss equation). Předpovědní scénáře ukazují na růst ploch intenzivního zemědělství, růst xerofytní vegetace, růst erozivity srážek, následně zapříčiňujících vzrůst intenzity eroze z 1.78 Mg. ha-1 na 3,65 Mg. ha-1 do roku 2100. Protierozní opatření pak mohou snížit erozi na průměrnou hodnotu 2,27 Mg. ha-1. Výsledky můžou sloužit jako podpůrný materiál k definování restriktivních opatření a vývoji protektivních plánů, přispívajících k ochraně před zanášení nádrže.

Klimatické modely naznačují výraznou změnu režimu vlhkosti půdy v některých oblastech, a tedy i změny erodovatelnosti půdy, vegetace a využití půdy. Pro mnoho oblastí také předpovídají sezónně intenzivnější přísušky spojené se zvýšeným množstvím a intenzitou srážek v jiných časech, což by mohlo vést k velkému nárůstu vodní eroze. K erozi půdy dochází však také působením větru, půdní částice jsou transportovány suspenzí, saltací nebo posunem po povrchu půdy na vzdálenosti od několika centimetrů do stovek kilometrů. Větrná eroze je zvláště problémem na písčitých a organických půdách, které jsou vystaveny přerušovanému nízkému obsahu vlhkosti a periodickým větrům. Oblasti, kde se předpovídá změna klimatu směrem k více suché půdě při zvyšujících se teplotách, budou stále zranitelnější. Ačkoli obecné modely v minulosti nebyly schopny předvídat změny rychlosti a frekvence větru s jakoukoli jistotou, nejnovější modely předpovídají zvýšené letní kontinentální přísušky a riziko sucha v oblastech střední zem. šířky a zvýšení intenzity tropických cyklónů v některých oblastech, což indikuje zvýšení půdní eroze větrem.

Prachové emise také zasluhují pozornost kvůli socio-ekonomickým důsledkům, včetně škod na majetku, klesající produktivity v zemědělství a zdravotních a bezpečnostních rizik. Vzhledem k potenciálně velké škodlivosti prachových emisí je v budoucích scénářích změny klimatu zásadní předpovědět množství a zdroje prachových emisí. Takové předpovědi vyžadují pochopení časové dynamiky mezi podnebím, vegetací a větrnou erozí v prostorově heterogenní krajině (Griffin et al. 2001).

Podobně jako u eroze vodní je třeba znát možná rizika degradace půd větrnou erozí v evropském měřítku. Borelli, P. et al. (2014) navrhli integrovaný přístup k odhadu náchylnosti půdy na erozi větrem. Vycházeli přitom z údajů o půdních vlastnostech z evropské databáze LUCAS. Frakce půdy erodovatelná větrem (EF) je jedním z klíčových parametrů pro odhad náchylnosti půdy k větrné erozi. EF byly vyhodnoceny pro 18 730 georeferencovaných vzorků ornice (z datového souboru LUCAS, který obsahuje první harmonizovaný a porovnatelný soubor půd na evropském měřítku). Studovaná plocha byla sestavena z 25 států EU. Evropský prostor lze rozdělit do tří regionů: severní s vysoce erodovatelnými půdami, centrální s průměrnými hodnotami EF, ale s několika extrémními lokalitami a středomořskou oblast s převážně nízkými hodnotami EF. Kypr, Španělsko, Malta a Itálie mají nejnižší hodnoty EF ve středomořské oblasti (18,5%-22%) nejvyšší hodnoty jsou v oblasti Severního a Baltského moře.(Polsko, Nizozemí, Dánsko a severní Německo- průměrné hodnoty EF více jak 40%). Na obdobných principech byla sestavena mapa rizika tvorby půdní krusty (SCF). Rozložení půd erodovatelných větrnou erozí je značně odlišné od rozložení půd postihovaných vodní erozí. Evropská mapa EF a SCF je dostupná na webovém portálu Evropského centra půdních dat (ESDAC) <http://esdac-catalog.jrc.ec.europa.eu/>). Výsledky výzkumu pomohou identifikovat oblasti ohrožené větrnou erozí, kde by mělo být rozhodovacími subjekty uvažováno o ochranných opatřeních typu větrolamů.

Seth et al.(2011) prováděli dlouhodobý monitoring klimatu a vegetace v Colorado Plateau. Sledovali vztahy půdního pokryvu k variabilitě klimatu na zatravněných plochách a na třech lokalitách posuzovali změny půdního pokryvu podle typu rostlinných společenstev ve vztahu k předchozím 20 letům vývoje klimatu. Zaznamenali pokles rostlinného krytu určitých trvalých druhů s rostoucí průměrnou roční teplotou. Výsledky predikují možná rizika pro určité typy rostlinných společenstev v odezvě na zvyšující se teploty prostředí.

Urban et al.(2018) prováděli sledování prachových emisí v okolí jezera Soda v poušti Mojave (USA) Cílem bylo lokalizovat zdrojová místa a kvantitu emisí. Měření bylo prováděno pomocí digitální kamery, která zaznamenávala snímky v 15 min. intervalech v letech 2010 a 2016. Z obrázků bylo vyhodnoceno ročně průměrně 68 dnů s prachovými emisemi. Tyto události nebyly zaznamenány satelitními přístroji. Odhadovaná množství emitovaných prachových frakcí byla stanovena n z měření horizontálního proudu emisí, zrnitostních kategorií sedimentů, a plochy, kde se událost generovala. Odhaduje se, že ze studované plochy byly odneseny téměř 4 t částic menších než 63 μm za rok. V pouštích Mojave a Great Basin na západě USA je více podobných území, které podléhají větrné erozi a emisím prachových částic a přitom nejsou detekovány satelitními přístroji. Navozuje to závěry, že výskyt prachových bouří a množství emisí jsou globálně dosti podceňovány.

Sharrat et al. (2015) využili modelu WEPS (Wind erosion prediction system) k vyhodnocení větrné eroze a emisí PM10 v projekci modelu změny klimatu (GSM model). Experimenty byly prováděny na plochách s různým osevními postupy a rovněž sledován účinek konvenčního a ochranného obdělávání. Byly použity klimatické údaje z let 1970-1999 jako srovnávací, dále byly použity scénáře klimatu pro roky 2035-2064. Pro polovinu 21. století bylo projektováno signifikantní zvýšení teploty a mírné zvýšení srážek. Zjištěné simulované výsledky ztráty půdy a PM 10 byly 25-84% nižší pro klima v polovině 21.století, což je dáno předpokládanou vyšší produkcí biomasy spojenou s vyššími teplotami a produkcí CO2. předpokládá se rovněž snížení ztráty půdy a emisí PM10 při ochranném obdělávání půdy.

Tání sněhu v zimním a předjarním období je častým případem vodní eroze ve vyšších nadmořských výškách a severních zeměpisných polohách. Intenzita eroze během tání může dokonce překročit intenzitu způsobenou letními událostmi, neboť půdní pokryv na orných půdách je řídký nebo žádný.

Intenzita eroze způsobené táním sněhu může být stanovena podle empirického vzorce Množství vody odvozené ze sněhu h a rychlosti tání m (mm den − 1)lze společně popsat jako erozní potenciál vody nahromaděné ve sněhu. Středová a Toman (2011) vyhodnotili erozní potenciál sněhové pokrývky na třicetileté období (1980/1981 až 2009/2010). Pro účely analýzy byla použita data z 50 vybraných stanic ČHMÚ s ohledem na jejich reprezentativnost v různých nadmořských výškách a různých klimatických podmínkách, vyjádřené klimatickým regionem

BPEJ. Tato data byla vypočítána pro průměrné třicetileté období, které bylo základem pro mapové vyjádření. Nejvyšší erozní potenciál (197,52) byl detekován na stanici Bílá (720 m n. m.). Erozní potenciál 4,32 byl vypočten pro stanici v Olomouci (215 m.n.m.)

Druhý nejnižší erozní potenciál (4,75) odpovídá stanici Pohořelice (183 m n.m.). Výsledky průměrného erozního potenciálu za třicet let byly použity k vytvoření prostorového vyjádření pomocí nástrojů GIS. Oblasti s výskytem orné půdy byly určeny vyloučením lesů, osad, půd se sklonem 12 ° a ploch s nadmořskou výškou 700 m.

V rámci ČR vodní eroze ohrožuje více než 50 % výměry orné půdy. Druhý nejrozšířenější typ eroze na zemědělských půdách je eroze větrná, která ohrožuje 10-20% našeho území. Zmiňována je i eroze z tání sněhu (Pokladníková et.al. 2006, Středová, Toman 2011)). Podmínky pro výskyt eroze jsou v ČR specifické – díly půdních bloků jsou největší v Evropě díky intenzifikaci zemědělské výroby v minulosti, ve velkém byly také rušeny hydrografické a krajinné prvky (rozorání mezí, zatravněných údolnic, polních cest, likvidace rozptýlené zeleně apod.), které zrychlené erozi účinně bránily. Současně jsou zde ale nejmenší vlastnické pozemky na osobu, což je dáno zastavením trhu se zemědělskou půdou kolem roku 1950. Většina zemědělských subjektů hospodaří na pronajatých pozemcích a to dále snižuje zájem o investice do náročnějších protierozních opatření zejména technického charakteru, ale mnohdy i o správnou péči o půdu jako takovou (Novotný a kol. 2017).

Již probíhající a dále očekávané posuny ve změnách klimatických činitelů a nárůst extremit počasí se projeví na zvýšených nárocích na péči o zemědělskou půdu. V dnešní době není tato péče z hlediska protierozní ochrany dostatečně legislativně zakotvena. Chybí prováděcí předpis (vyhláška) k Zákonu o ochraně ZPF (334/1992 sb.ve zn. pozd. předpisů). Pravidla hospodaření dle DZES (dobrý zemědělský a environmentální stav), sloužící pro přidělování dotací, jsou nastavena příliš volně, a i když se mají postupně upravovat, nenutí zemědělce k řádné péči o erozně ohrožené pozemky. Tato situace se bude s vývojem klimatu stále zhoršovat. Přijetí adekvátních předpisů a opatření s akceptováním predikovaných hrozeb by mělo být nutnou součástí zemědělské politiky.

**Použitá literatura**

Boardman,J.(2013). Soil Erosion in Britain: Updating the Record. Agriculture 2013, 3, 418-442;

Boardman, J.; Poesen, J., 2006. Soil erosion in Europe: major processes, causes and consequences. in Soil Erosion in Europe (eds J. Boardman and J. Poesen), John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK

Borrelli,P., Ballabio,C., Panagos, P., Montanarella, L.(2014*):**Wind erosion susceptibility of European soils.* Geoderma 232–234 (2014) 471–478. ISSN: 0016-7061

Cerdan, O. et al.(2010). Rates and spatial variations of soil erosion in Europe: A study based on erosion plot data. Geomorphology 122 (2010) 167–177

Dostál, T. et al (2006) Czech Republic. In: Soil Erosion in Europe. Eds. Boardman, J., Poesen, J. ISBN: 9780-470859100

Ferreira,V., Samora,A., Panagopoulos,T. (2016). Soil erosion vulnerability under scenarios of

climate land-use changes after the development of a large reservoir in a semi-arid area. Journal of Environmental Planning and Management 59:7, 1238-1256, DOI: 10.1080/09640568.2015.1066667

Griffin, D. W., Kellogg, C. A., Shinn, E. A. (2001) Dust in the wind: Long range transport of dust in the atmosphere and its implications for global public and ecosystem health. Glob. Change Hum. Health 2:20–33.

Howden, N. J. K., Burt, T.P., Worrall, F., Mathias, S. and Whelan M. J., (2013). Farming for Water Quality: Balancing Food Security and Nitrate Pollution in UK River Basins. *Annals of the Association of American Geographers* 103 (2), 397-407.

Hrabalíková , M., et al. (2016) Assessment of changes in topsoil depth redistribution in realtion to differenmt tillage technologies. In 32 rd WASWAC conference, Belgrade, Serbia

Karmakar,R., Das, I., Dutta,D., Rakshit,A. 2016. Potential Effects of Climate Change on Soil Properties: A Review. *Science International, 4: 51-73.*

Lee, J. J., Phillips, D. L. Dodson, R. F. (1996). Sensitivity of the US corn belt to climate change and elevated CO2: II. Soil erosion and organic carbon. Agric. Syst., 52: 503-521.

# [Nearing](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095633915300848?via%3Dihub#!), M. A. (2001) Potential changes in rainfall erosivity in the U.S. with climate change during the 21st century. Journal of Soil and Water Conservation  vol. 56 no. 3 229-232

## [Nearing](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095633915300848?via%3Dihub" \l "!), M. A., [.Unkrich](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095633915300848?via%3Dihub#!), C.,L.,[Goodrich](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095633915300848?via%3Dihub" \l "!), D.C., [Nichols](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095633915300848?via%3Dihub#!), M.H., [O.Keefer](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095633915300848?via%3Dihub#!), T. Temporal and elevation trends in rainfall erosivity on a 149 km2 watershed in a semi-arid region of the American Southwest. [International Soil and Water Conservation Research](https://www.sciencedirect.com/science/journal/20956339) [Volume 3, Issue 2](https://www.sciencedirect.com/science/journal/20956339/3/2), June 2015, Pages 77-85.

[Nearing](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095633915300848?via%3Dihub#!), M. A., Pruski, F.F. O'Neal, M.R.(2004) Expected Climate Change Impacts on Soil Erosion Rates: A Review. Journal of Soil and Water Conservation 59(1).

Novotný et al. (2017). Příručka ochrany proti erozi zemědělské půdy. Mze, VUMOP. dostupné z: <https://encyklopedie.vumop.cz/images/9/98/Titulka.png>

Smith I. M. (1993): CO2 and climatic change: An overview of the science. Energy Conversion and Management 34, 739-735.

Panagos, P. et. al.(2015). The new assessment of soil loss by water erosion inEurope EnvironmentalScience&Policy54(2015)438–447447

Pittock AB. 1975. Climatic change and the pattern of variation in Australian rainfall. *Search* **6**: 498– 503.

Pokladníková,H., Toman,F. Středa,T.(2006). Negative impacts of snow meltingon the soil. Acta univ. agric.et silvic. mendelianae Brunensis 56(1): 143-148.

Pondělíček, M., Šilhánková, V.(2016). Změna klimatu a adaptace. <http://www.adaptacesidel.cz/data/upload/2017/10/zmena_klimatu_a_adaptace.pdf>

# 

Rožnovský, J. (2016). Výskyty sucha na území ČR a změny klimatu. Zpravodaj ochrany lesa. 19/26. s. 38-42

Seth M. Munsona,1, Jayne Belnapa, and Gregory S. Okin (2011)b Responses of wind erosion to climate-induced vegetation changes on the Colorado Plateau. PNAS, NY, vol. 108 no. 10

Sharratt, B. S.,Tatarko, J., .Abatzoglou, J., T.Fox, F. A., Huggins, D.(2015). Implications of climate change on wind erosion of agricultural lands in the Columbia plateau) weather and climate extremes. Volume: 10, Pages: 20-31

Středová, H, Toman, F.(2011). Erosion potential of snow cover in the Czech Republic. Acta univ. Agric. et silvic. Mendel.Brun.No 1, pp. 117-124

Szabolcs, I., 1990. Impact of Climate Change on Soil Attributes: Influence on Salinization and Alkalization. In: Soils on a Warmer Earth: Effects of Expected Climate Change on Soil Processes, with Emphasis on the Tropics and Sub-Tropics,

Scharpenseel, H. W., Schomaker, M. and Ayoub, A. (Eds.). Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, ISBN: 9780080869889, pp: 61-69.

Urban, F. E., Goldstein, H. L., Fulton, R., & Reynolds, R. L. (2018). Unseen dust emission and global dust abundance: Documenting dust emission from the Mojave Desert (USA) by daily remote camera imagery and wind-erosion measurements. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 123, 8735–8753. <https://doi.org/10.1029/2018JD028466>

Verstraeten, G., Poesen, J., Demarée, G., Salles, C. (2006). Long‐term (105 years) variability in rain erosivity as derived from 10‐min rainfall depth data for Ukkel (Brussels, Belgium): implications for assessing soil erosion rates. *Journal of Geophysical Research* **111** D22109.

Varallyay, G., 1994. Climate Change, Soil Salinity and Alkalinity. In: Soil Responses to Climate Change, Rounsevell, M. D. A,. P. J. Loveland (Eds.). Springer-Verlag, Heidelberg, Germany, ISBN: 978-3-642-79220-5, pp: 39-54.

Varallyay, G., 1990. Consequences of climate induced changes in soil degradation processes. Proceedings of the 14th International Congress of Soil Science, August 12-18 1990, Kyoto, Japan, pp: 265-270.

Varallyay, G., 2002. Climate change and soil processes. Idojaras, 106: 113-12

**Zpracovala**: doc. Ing. Jana Podhrázská, Ph.D., MENDELU v Brně, podhrazska.jana@vumop.cz