

Degradace zemědělských a lesních půd

Článek představuje hlavní příčiny degradace zemědělských a lesních půd vyjma zastavování půdy, o kterém je pojednáno v článku autorů Kabrdy a kol. v tomto čísle. Degradaci dochází ke snížení či úplné ztrátě schopnosti půd plnit nenahraditelné funkce, od zjevných, kterými jsou produkce potravin a krmiv, po méně zjevné, jako je například zadržování vody a filtrace či biodegradace látek nebo ukládání uhlíku.

Půda je důležitou součástí přírody a má v ní mnoho nenahraditelných rolí. Některé z nich jsou jasné všem – lidstvo je závislé na půdě kvůli produkci potravin, krmiv, dřeva či některých stavebních materiálů. Mnohem skrytější a méně zjevná je klíčová úloha půdy v infiltraci a zadržování vody, v odbourávání znečišťujících látek z lidské činnosti či v zadržování uhlíku, jehož emise jsou zodpovědné za probíhající klimatickou změnu. Půda také hostí velké množství živočichů a rostlin, a to od mikroskopických bakterií a řas až po žížaly a krtky. S rostoucím technickým pokrokem ale lidstvo na svoji velikou závislost na půdě zapomíná a často s ní nakládá tak, že dochází ke zhoršování či úplné ztrátě její schopnosti plnit všechny uvedené přirozené funkce. Toto zhoršování se nazývá degradace půd. Degradace půd je celosvětově významné téma, protože postihuje obrovská území a může mít pro lidstvo dalekosáhlé následky, a to nejen v poklesu produkce potravin, ale zejména ve schopnosti půdy zadržovat vodu a omezovat vliv klimatické změny.

K degradaci dochází mnoha vlivy, z nichž nejběžnějším, ale bohužel i nejvíce podceňovaným je nesprávné zemědělské obhospodařování půdy, zejména pěstování nevhodných druhů zemědělských plodin a nadměrná chemizace zemědělství. Významné je i odlesňování, pěstování monokultur nevhodných druhů lesních dřevin

nebo znečištění prostředí. Tyto faktory způsobují zvýšenou vodní a větrnou erozi půd, úbytek organické hmoty, zasolování půd, ztrátu živin a acidifikaci půd, dále zhoršení jejich fyzikálních vlastností (utužení). Totální formou degradace půdy je její zastavování. Jednotlivé formy degradace působí samostatně, nebo se různě kombinují a efekt se umocňuje.

Přesná čísla o celosvětovém rozsahu různých typů degradace půdy neexistují, ale kvalifikované odhady hovoří o poškození 2 milionů km² zemědělské půdy (Oldeman, 1994), což pro představu odpovídá rozloze Mexika nebo Německa, Polska, Francie a Španělska dohromady. Odhad roční úplné ztráty zemědělské půdy se pohybuje v rozmezí 20 000–50 000 km², což si můžeme představit tak, že za rok zmizí plocha zhruba o velikosti Slovinska na spodní hranici či Slovenska na horní hranici odhadu. Odhaduje se, že v Evropské unii je nějakou formou degradace postiženo 16 % celkové rozlohy starých zemí EU (před vstupem nových členských států v roce 2004), což je půl milionu km² (520 000 km²). V nových členských zemích dosahuje rozloha degradovaných půd až 35 % jejich rozlohy (Soil Atlas of Europe).

Eroze půdy

Nejčastější příčinou degradace půdy je vodní a větrná eroze, které si každý po vydatných

deštích povšimne i při procházce českou krajinou. Z polí odtéká hlubokými rýhami kalná voda, která unáší vysoké množství jemných půdních částic (splavenin). Roční ztráta zemědělské půdy je jen v Česku odhadována na 9 mil. t/rok (Dostál et al., 2001). Průměrná hodnota odnosu půdy v zemích EU 27 je 2,7 t/ha/rok (European soil data centre), přičemž již hodnota přesahující 1 t/ha/rok je považována za škodlivou, ohrožující základní půdní vlastnosti. Kritická míra odnosu ale závisí na konkrétních půdních podmínkách. Pro mělké půdy s málo mocným humusovým horizontem je škodlivý i mnohem menší roční odnos. Podle kvalifikovaných odhadů je v celé Evropě vodní erozi ohroženo 112 mil. ha a 42 mil. ha je ohroženo větrnou erozí (European soil data centre). Z celosvětového pohledu je pak intenzita eroze nejvyšší v Africe, Latinské Americe a Asii, kde dosahuje ještě 2–6krát vyšších hodnot než v Evropě či Severní Americe. Údaje hovoří o ročním odnosu 75 bilionů tun půdy (Lal, 1998). Hlavní příčina je v rozšiřování zemědělské půdy na úkor lesů, které jsou káceny a vypalovány i na velmi sklonitých svazích. Tato půda nenávratně končí v přehradách, rybnících či jezerech, ukládá se na úpatí svahů, vyplňuje terénní nerovnosti, usazuje se v údolní nivě řek nebo je vodními toky transportována do moře.

V Česku je vodní erozí ohroženo 50 % (21 tis. km²) a větrnou erozí 10,4 % (4,5 tis. km²) rozlohy zemědělské půdy (VÚMOP). Eroze je částečně přirozený proces, ale k jejímu výraznému zrychlení a zintenzivnění přispělo scelování pozemků, rozorávání mezi a zavedení velkovýrobního způsobu hospodaření. Zatímco po druhé světové válce byla průměrná rozloha pole s jednou plodinou 0,5 ha, dnes je průměr přes 20 ha. Velké půdní bloky přetrvávají i v současnosti a jsou příčinou rychlého odtoku vody a zrychlené eroze půdy. V krajině chybějí drobné prvky (meze, polní cesty, remízky), které by vytvářely přirozenou bariéru odtoku vody a odnosu půdy. Příčinou zrychlené eroze jsou i nevhodné oseední postupy – na svažitých pozemcích, ale i na extrémně velkých půdních blocích v nížinách se pěstují plodiny, které nechraní půdu před erozí. Takovými typickými plodinami jsou například brambory, cukrovka či kukuřice (obr. 1). Z našeho území např. na jižní Moravě jsou dobře známa místa, kde se po intenzivních deštích musí silnice vedoucí na úpatí svahů protahovat pluhem, aby se odstranila vrstva zeminy, která se zde usadí,



Obr. 1: Nevhodné obhospodařování orné půdy je často důvodem její zvýšené eroze. Foto: T. Chuman

VÝZKUM A VÝVOJ

a silnice se znovu zprůjezdnilly.

Přestože je erozí ohrožena zejména zemědělská půda, eroze ohrožuje i lesní půdu, zejména tam, kde byla rozrušena mechanizovanou těžbou dřeva (obr. 2). Odhaduje se, že 5–10 % lesní půdy v Česku je ohroženo erozí (Hauptman et al., 2008). V rozvojových zemích je hlavní příčinou intenzivní eroze kácení lesů a rozšiřování zemědělské půdy na příkrých svazích, kde půda není po vykácení lesa chráněna.

Na našem území jsou erozí nejvíce ohroženy zemědělské oblasti na jižní Moravě s výskytem sprašových půd, které jsou mnohde erodovány tak důkladně, že se na povrch dostává půdotvorný substrát. Z lesních půd jsou erozí ohroženy zejména oblasti Karpat, kde jsou horniny náchylné k erozi a půda poničená těžebními stroji snadno podléhá erozi. Větrná eroze ohrožuje především rovinaté oblasti Polabí, Poohří a jižní Moravu.

Ochrana před erozí spočívá především ve změně hospodaření. Nejdůležitější je zmenšení obrovských půdních bloků jedné plodiny a jejich rozčlenění mezemi a zaskokovacími pásy. Důležité je i zatravnění orné půdy na sklonitých pozemcích, vhodná volba plodin, zamezení soustředěného odtoku omezením délky svahu. Velmi důležité je i zlepšení samotné půdní struktury zvýšením obsahu půdní organické hmoty.

Ztráta půdní organické hmoty

Obsah půdní organické hmoty a její kvalita výrazně ovlivňují půdní strukturu a množství a složení půdních organismů. Na těchto dvou klíčových faktorech totiž závisí schopnost půd zadržovat vodu či snižovat náchylnost půd k erozi. Půdní organická hmota vzniká z odumřelých zbytků rostlin a živočichů, je v půdě zdrojem energie a živin, podílí se na stabilizaci půdní struktury, zvyšuje retenci vody a důležitých chemických prvků. V přírodních ekosystémech je množství organické hmoty v půdě závislé na rychlosti rozkladu rostlin, případně i živočichů. V některých ekosystémech se v půdě či na povrchu půdy hromadí odumřelá organická hmota, v jiných ekosystémech je naopak rychlost rozkladu vysoká a dochází pouze k omezenému hromadění organické hmoty v půdě.

Nejintenzivnější koloběh nalezneme v tropických lesích, ve kterých se díky vysoké teplotě a vlhkosti organická hmota rychle rozkládá a uvolněné živiny jsou rostlinami opět rychle využity. V půdě je zásoba organické hmoty malá. Pomalý rozklad organické hmoty nastává naopak v tajze či tundře, odumřelé zbytky organismů, hlavně rostlin, se hromadí na povrchu půdy. Obdobně dochází k hromadění organické hmoty v zamokřených půdách, typicky v rašeliníštích. Rychlost rozkladu organické hmoty závisí rovněž na jejím původu. Opad z jehlična-



Obr. 2: Eroze ohrožuje i lesní půdu, zejména tam, kde byla rozrušena mechanizovanou těžbou dřeva.
Foto: T. Chuman

nů se rozkládá pomaleji než například opad z listnáčů nebo odumřelé listy trav. Jehličnany totiž obsahují velké množství špatně rozložitelného ligninu.

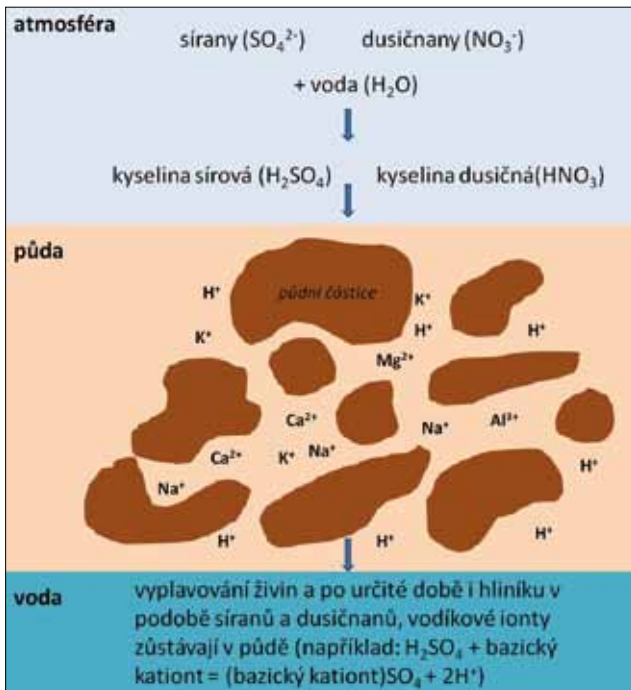
Převod přírodních ekosystémů na zemědělskou půdu, především na ornou půdu, vede k velké změně bilance vstupu a spotřeby organické hmoty (typicky k poklesu zásoby), změně vlhkostních podmínek (k vysušování půd) a většímu provzdušnění půdy. Všechny tyto faktory ochuzují ornou půdu o organickou hmotu. Na pokles obsahu organické hmoty má vliv i příliš intenzivní pastva nebo požáry. I na zemědělské půdě je však jednou z nejvýznamnějších příčin ztráty půdní organické hmoty eroze, při které dochází k jejímu mechanickému odnosu. Další významnou příčinou úbytku organické hmoty je intenzivní zemědělství, kdy je naprostá většina vyprodukované biomasy odvezena, či jsou pěstovány plodiny s malým množstvím posklizňových zbytků (například kukuřice) a do půdy se navrací jen málo odumřelé organické hmoty. V současné době, kdy se, zejména v Česku, chová málo hospodářských zvířat, není organická

hmota do půd doplňována dodáváním přírodních organických hnojiv (hnůj, kompost).

Pokud nebudeme půdu před erozí chránit a prakticky veškerou organickou hmotu budeme sklízní odnášet, pak se po staletí naakumulovaná zásoba organické hmoty vyčerpá a půda zcela ztratí nejen produkční schopnost, ale bude mít také sníženou schopnost poutat živiny, odolávat změně pH, bude ztrácet i svou retenční schopnost a zvyšovat náchylnost k erozi, protože půdní částice nebudou stmelovány a poroste náchylnost k utužení (pedokompakci) půdy. Při poklesu obsahu organické hmoty klesá stabilita půdy a při dešti se vytvářejí tenké vrstvičky jílovitých částic na povrchu půdy. Tato vrstvička pak brání vsaku vody do půdy a dochází k jejímu povrchovému odtoku. Nízký obsah organické hmoty je odhadován zhruba u poloviny půd v Evropě.

Utuzení půdy

Utuzení půdy je forma degradace, která se projevuje zhoršením fyzikálních vlastností, zejména snížením pórovitosti půdy. Sníže-



Obr. 3: Schéma znázorňující vyplavování živin z půd v důsledku kyselých atmosférických depozicí

ná pórovitost způsobí zmenšení schopnosti infiltrace a zadrženi vody. U některých půd mohou být příčinou utužení přirozené půdotvorné procesy, při nichž dochází k přesouvání a akumulaci jílových minerálů v půdním profilu, ale hlavní příčinou je stlačování půd způsobené opakovanými pojezdy těžké mechanizace. U zemědělských půd se utužená vrstva vytvoří hned pod ornici, tedy těsně pod proorávanou vrstvou půdy. Při deštích, kdy se proorávaná vrstva nasatí vodou, začne voda povrchově odtékat nad touto nepropustnou vrstvou a nevsakuje se hlouběji do půdy. Nejvíce jsou utužením poškozeny půdy obsahující vyšší procento jílovitých částic. Rozsah tohoto typu degradace není zanedbatelný a odhaduje se, že je jím postiženo přes 30 mil. ha zemědělské půdy v Evropě (European soil data centre). V Česku je utužením postižena zhruba polovina zemědělské půdy.

Ztráta živin a acidifikace půd

Acidifikace (okyselování) je částečně přirozený proces, probíhající tisíce let. Velmi pomalý průběh byl výrazně urychlen kyselou atmosférickou depozicí (tzv. kyselými dešti), které působily v největší míře ve střední Evropě v druhé polovině 20. století. Silné kyseliny – sírová, ale i dusičná, jež se do půdy dostávají kyselým deštěm, vyplavují z půdy prvky, které jsou důležité pro udržení vyvážené hodnoty půdní kyselosti a současně jsou nezbytnými živinami pro vegetaci. Jedná se zejména o vápník (Ca) a hořčík (Mg), menší roli hraje draslík (K) a nejmenší sodík (Na). Souhrnně je nazýváme bazické kationty. Tyto prvky jsou schopny po nějakou dobu vyrovnávat (neutralizovat) přísun kyselin z atmosféry. Při této reakci

jsou ale nevratně odnášeny z půd do podzemních a povrchových vod (obr. 3).

Vedle množství depozice kyselin rozhodují o stupni okyselení další faktory. Jedním z nich jsou přirozené vlastnosti půd, zejména množství bazických kationtů v půdě. Jejich hlavním zdrojem v půdách je zvětrávání podložních hornin a jejich celkové množství určuje odolnost vůči kyselé depozici. Čím víc je v půdách bazických kationtů, tím jsou půdy odolnější, protože mohou déle neutralizovat přísun kyselin z atmosféry. Nejméně odolné jsou půdy na kyselých horninách, které obsahují málo bazických kationtů a zároveň pomalu zvětrávají. Takové půdy se

nacházejí ve střední Evropě ve většině pohoří. Půdy mají přirozeně málo bazických kationtů v iontové výměnném komplexu, které jsou jediné přístupné pro neutralizaci kyselých dešťů. Prvky v hornině jsou pevně vázané v minerálech a musí se nejprve uvolnit velmi pomalými zvětrávacími reakcemi a přejít do iontové výměnného komplexu půdy. Zásoby uvolnitelných bazických kationtů vznikaly v půdách zvětráváním podloží zejména v období od poslední doby ledové, v našich horských oblastech tedy asi 10 000 let. Horské půdy tak mají v důsledku nízkých teplot, pomalého zvětrávání a vysokých srážek i přirozeně nízké množství bazických kationtů. To je spolu s drsným klimatem a vysokým přísunem kyselin důvod, proč se devastující vliv kyselých dešťů nejdříve objevuje v horských oblastech (obr. 4). Lépe jsou na tom půdy nižších poloh a také půdy vzniklé na horninách bohatých na bazické kationty (například vápence a čediče) – zde je riziko okyselení mnohem menší. I ve většině horských oblastí Česka převládají právě kyselejší a pomalu zvětrávající horniny, na kterých se vyvinuly přirozeně chudé půdy.

V důsledku kyselých depozicí, ale i změn druhové skladby původních lesních porostů na smrkové monokultury, kdy probíhá okyselování půdy rozkladem jehličnatého opadu v kombinaci se zvýšenou kyselou depozicí, byly ale zásoby bazických kationtů vyčerpány v průběhu zhruba posledních stovek let, hlavně však v několika posledních desetiletích. Celý jev je možné jen s malou nadsázkou přirovnat ke změně geologické epochy. Pomocí modelů simulujících acidifikační procesy probíhající v půdách bylo území Česka rozčleněno na čtyři ka-

tegorie s různým poškozením půd kyselým deštěm (viz mapa na 2. straně obálky). Na nejpoškozenějších místech bude docházet k mírnému zlepšení, ovšem návrat ke stavu před působením kyselých dešťů je nereálný – i snížené množství emisí je bude udržovat ve stavu jen trochu lepším, než byl nejhorší stav počátkem devadesátých let 20. století. Acidifikací jsou postiženy prakticky jen lesní půdy v horských oblastech. Zemědělské půdy jsou hnojeny a často i vápněny, aby si podržely úrodnost, a tím je jejich odolnost k acidifikaci uměle zvyšována.

Zasolení

Zasolování je zvyšování koncentrace ve vodě rozpustných solí v půdě. Soli obsahují uhličitánové, sodné, síranové, chloridové, draselné, vápenaté či hořečnaté ionty. Zasolené půdy se přirozeně vyskytují v aridních (suchých) oblastech, kde výpar a dýchání rostlin (evapotranspirace) výrazně převyšují množství srážek a rozpuštěné minerální sloučeniny jsou půdní vodou vynášeny k povrchu půdy, kde se hromadí v důsledku vodního výparu. Zdrojem solí je půdotvorný substrát, mineralizovaná podzemní voda, ale například i syntetická hnojiva. V příbřežních oblastech se soli dostávají do vnitrozemí větrem, který unáší nad pevninu částičky velmi slané mořské vody. Nevhodné obhospodařování zemědělské půdy však může vést k zasolení, zejména v oblastech závislých na závlahách. K závlahám se často používá voda s vysokým obsahem solí, která se vyskytuje právě v sušších oblastech, a kruh zasolování se uzavírá. V zasolené půdě rostliny obtížně přijímají vodu, brání jim v tom právě vysoké koncentrace rozpuštěných solí v půdní vodě.

Nadměrné množství solí ovlivňuje půdní strukturu, ale může vést i k vytvoření nepropustné vrstvy, kterou nepropustnou kořeny rostlin a již nemůže ani infiltrovat voda. Zasolením jsou ohroženy půdy především v aridních a semiaridních oblastech. Celosvětově je zasolením ovlivněno 20 % zavlažované půdy (450 000 km², což odpovídá rozloze Švédska) (Oldeman, 1994). V EU je zasolením půdy postiženo asi 10 000–30 000 km².

Kontaminace půd

Jednou z nejdůležitějších a málo docenovaných funkcí půd je filtrační a biodegradace schopnost. Voda, která vsakuje do půdy, prochází soustavou různě velkých porů, v nichž se zachytávají hrubé a jemné částice, které voda unáší. Tím se voda mechanicky čistí. Neméně důležité je odbourávání látek pocházejících z rozkladu odumřelých organismů. Půda má ale schopnost odbourávat i závažné polutanty, jako jsou těžké kovy, pesticidy či hnojiva. To umožňuje čerpat pitnou vodu ze studní často bez nutnosti dodatečného čištění. Tuto schopnost půd pro-

VÝZKUM A VÝVOJ

půjčují půdní mikroorganismy. Odbourávací (biodegradační) schopnosti závisí i na době zdržení vody v půdě. Rychle se vsakující voda v písčitéch půdách může znečišťující látky přenášet až do podzemních vod, protože půdní mikroorganismy nemají dost času na její vyčištění. Mezi hlavní polutanty patří těžké kovy (kadmium, měď, olovo, rtuť, arzen a zinek) a takzvané perzistentní organické polutanty (polychlorované bifenoly, polycyklické aromatické uhlovodíky, benzen, toluen, DDT, pesticidy, látky v průmyslových nátěrech aj.). Pokud je ale koncentrace polutantů příliš vysoká, v půdě zahynou mikroorganismy a sama půda se pak stane kontaminovanou. Degradace půdy chemickými látkami může být způsobena vysokou aplikací hnojiv (řada minerálních fosforečných hnojiv obsahujících Cd, kaly z čistíren odpadních vod) či pesticidů (látky organického původu). Do půdy se také dostávají látky z okolí, například z metalurgické výroby. Některé těžké kovy se v půdě vyskytují přirozeně, uvolňují se zvětráváním matečného substrátu (například kadmium či arzen), ale v naprosté většině jsou rizikové jejich vstupy lidskou činností (rtuť či olovo). Vnášeny jsou do půdy například spalováním fosilních paliv, z průmyslové výroby či automobilové dopravy. Většina polutantů je považována za karcinogenní látky, člověk je přijímá především ve formě kontaminovaného prachu.

Ztráta biodiverzity

Půdní biota hraje klíčovou roli ve formování půdy, tvorbě půdní struktury, rozkladu organické hmoty, biodegradaci. V důsledku degradace půd dochází k poklesu biologické rozmanitosti a ztrátě schopnosti půdy plnit mnoho ze shora popsanych funkcí. V důsledku utužení půdy se zmenšuje prostor pro organismy, úbytkem organické hmoty a absencí jejího dodávání do půdy se snižuje množství potravních zdrojů, aplikací pesticidů se otráví nejen půdní živočichové, ale i mikroorganismy a řasy. Monokulturní



Obr. 4: Vliv kyselých dešťů se výrazně projev v pohraničních pohorích, kde na řadě míst došlo k rozpadu stromového patra

hospodaření vede k poklesu rozmanitosti potravní nabídky a diverzity organismů. Ztráta půdní biodiverzity je skrytým, ale vedle eroze možná nejzávažnějším důsledkem neuváženého a jen krátkodobě zaměřeného lidské činnosti.

Závěr

Stále častější výkyvy počasí, které přinášíjí povodně či sucha, v krátkodobém horizontu příliš neovlivníme, ale můžeme relativně rychle zlepšit půdu, jejíž pórový a biologický systém může být obrovským rezervoárem, který zadrží vodu v době vysokých srážkových úhrnů a bude zásobovat rostliny v období sucha. Půda je také jedním z klíčových planetárních systémů, kam je možno ukládat oxid uhličitý, který je jednou z příčin klimatické změny. Péče o půdu je klíčová pro udržení jejich produkčních a mimo-produkčních funkcí a je mnohem účinnějším

a mnohonásobně levnějším nástrojem zadržování vody a uhlíku v krajině než stavba přehrad a nádrží, které navíc krajinu výrazně promění a vedou k ztrátě cenných a stále ubývajících nivních ekosystémů.

V Česku je hlavním problémem eroze zemědělských půd způsobená zcela nevhodným zemědělským hospodařením, dále ztráta zásob uhlíku a velký úbytek půdní biodiverzity. I zde je hlavním viníkem současné kořistnické zemědělství bez dlouhodobé vize. Acidifikace půd horských lesů sice ustoupila, ale regenerace bude velmi pozvolná a dlouhá, zpomalená pěstováním smrkových monokultur.

Tomáš Chuman, PřF UK v Praze
tomas.chuman@natur.cuni.cz

Jakub Hruška,

Česká geologická služba, Praha
jakub.hruska@geology.cz

Degradation of Agricultural and Forest Soils. Soil degradation is a global issue, because it impacts extensive areas of earth's surface. It can result in the loss of natural soil functions, such as food production and, perhaps more significantly, the ability to store water and thereby mitigate climatic changes.

LITERATURA A ZDROJE DAT:

- Soil Atlas of Europe, European Soil Bureau Network, European Commission, 2005, 128 p.
- LAL, R. (1998): Soil erosion impact on agronomic productivity and environmental quality. *Critical Review. Plant Science* 17: 319–464.
- OLDEMAN, L. R. (1994): The global extent of land degradation. In: *Land Resilience and Sustainable Land Use*, eds. D. J. Greenland and I. Szabolcs, 99–118. Wallingford: CABI.
- DOSTAL, T., KRASA, J., VASKA, J., VRANA, K. (2001): Map of soil erosion risk and sediment transport in the Czech Republic. *VUV TGM (Czech Journal for Soil and Water Management)*, 1: 1–21. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy.
- JOINT RESEARCH CENTRE, European Soil Data Centre (ESDAC)
- HAUPTMAN, I., KUKAL, Z., POŠMOURNÝ, K., eds. (2009): *Půda v České republice*. Praha, Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo zemědělství, 256 s.

APLIKACE DO VÝUKY:

1. Vysvětlete, proč po vykácení tropického lesa podléhá půda intenzivní erozi. Na serveru VÚMOP vyhledejte, do jaké míry je ve vámi zvoleném katastru půda náchylná k erozi, a diskutujte, proč tomu tak je.
2. Na serveru Geoportal.cz vyhledejte, jak intenzivní je ve vaší obci proces zastavování zemědělské půdy.
3. V povodí vybraného vodního toku zjistěte, zda se na zemědělské půdě vyskytují známky stružkové eroze, které plodiny zde zemědělci pěstují a zda byla provedena některá protierozní opatření.