

REVIDOVANÁ PODROBNÁ MAPA ZTRÁTY PŮDY PRO ÚZEMÍ ČR

Josef Krása, Tomáš Dostál, Karel Vrána

Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství,
Fakulta stavební, ČVUT v Praze, Thákurova 7,
166 29, Praha 6, Česká republika
josef.krasa@fsv.cvut.cz

Abstrakt. V roce 2001 byla na pracovišti Katedry hydromeliorací a krajinného inženýrství Fakulty stavební ČVUT v Praze vytvořena pomocí prostředků GIS mapa ztráty půdy a transportu sedimentu pro celou ČR [2]. Výpočet proběhl v rámci projektu VaV/510/4/98 (Omezování plošného znečištění povrchových a podzemních vod v ČR) koordinovaného VUV TGM v Praze. S uvažováním tehdy dostupných datových zdrojů a technologií se jednalo v Evropě o ojedinělý podklad – rastrovou GIS vrstvu v rozlišení 50 m pro celé naše území popisující náchylnost jednotlivých oblastí k vodní erozi. Výpočet byl proveden za pomoci Univerzální rovnice ztráty půdy [7] modifikované pro 2D GIS [1].

Podkladem pro územní definici řešených ploch byla v té době databáze CORINE Land Cover, doplněná o vodní toky z databáze VUV TGM, hranice povodí 4. řádu aj. Podkladem pro tvorbu klíčové vrstvy rastrového digitálního modelu terénu (DMT) byla databáze DMÚ25, náchylnost půdy k erozi byla definována na základě digitalizovaných map komplexního průzkumu půd v měřítku 1:200 000. Ochranný účinek vegetace byl pro ornou půdu určen na základě průměrných osevních postupů v jednotlivých okresech podle statistické ročenky z roku 1995. Erozní účinnost deště byla uvažována jednou průměrnou hodnotou pro celou ČR. Mapa byla rovněž podkladem pro určení mapy transportu sedimentu do vodních toků v rámci jednotlivých povodí 4. řádu.

Během uplynulých šesti let proběhla řada revizí původního výpočtu – s cílem zpřesňovat datové zdroje i kvalitu výstupu. Rok 2007 poté přinesl zásadní změny zejména novým definováním řešeného území. Novým podkladem definujícím řešené území se stala databáze půdních bloků LPIS [6]. Její využití předpokládalo zpracování značného objemu dat – např. databázové operace s cca 235 000 polygony při přiřazování ochranného účinku vegetace atp. V porovnání s původní databází CORINE (cca 1:100 000) přináší databáze LPIS (cca 1:10 000 – podkladem ortofotomapa) značné zpřesnění celé úlohy. S ohledem na to bylo zvýšeno rozlišení vstupních vrstev na výsledných 25 m a řada vrstev byla nově připravena z původních i aktualizovaných mapových podkladů.

Nově byl z DMU25 po částech generován DMT za pomoci GIS Geomatica 10. Ochranný účinek vegetace byl vypočten na základě statistických dat z období 1993 – 2005. Erozní účinnost deště byla zahrnuta formou revidované mapy R faktoru ve třech variantních řešeních [4]. Výstupem nového výpočtu je tak rastrová mapa v rozlišení 25 m, definující erozní ohroženost zemědělských pozemků na úrovni podrobnosti databáze LPIS. Mapa je vhodným podkladem pro následné výpočty transportu sedimentu a zatížení vodních toků a nádrží sedimentem stejně jako pro vytipování kritických oblastí ohrožených vodní erozí.

Pro samotné návrhy protierozních opatření je následně ve vytipovaných územích provést zpřesňující výpočet.

Celý výpočet i prostorové analýzy výstupů probíhaly v prostředí GIS Idrisi Andes, příprava dat a konkrétních mapových výstupů v GIS Geomatica 10 a ArcGIS 9. Tato kombinace několika GIS produktů a naprogramování sekvenčního výpočtu po jednotlivých částech řešeného území vedla ke zefektivnění celého řešení a umožnila zpracování značného objemu dat (výsledná rastrová má velikost 19600x12000 elementů). Výsledná mapa i její aplikované nebo agregované výstupy jsou k dispozici na Katedře hydromeliorací a krajinného inženýrství Fakulty stavební ČVUT v Praze.

Klíčová slova: vodní eroze, GIS Idrisi, mapa ztráty půdy, Česká republika.

Abstract: Revised detailed map of soil loss within the Czech Republic. In 2001 at the Department of Drainage, Irrigation and Landscape Engineering of the FCE, CTU Prague the first map of soil loss for the whole territory of the Czech Republic was derived [2]. Using raster based GIS and 50m resolution for the computation it was unique project within Europe at the time. The methodology was based on USLE approach [7] modified for 2D GIS application [1].

The source data for Land Cover was mainly CORINE database, the source for DTM the vectorized military contour map in 1:25000 scale and soils were classified according the 1:200 000 vector database of the CR. C factor on arable land was specified for 72 regions based on Czech statistical survey data from 1995 (areas under crops). Rain erosivity was taken as uniform value – underestimated according the recent research [3]. From the map also the sediment transport to streams within 8300 small catchments was derived using lumped sediment delivery ratio approach.

Research continued during the 6 years mainly on the rain erosivity field – since the former value was long time considered as not representative. Recently the full revision of the original approach was provided focusing on data accuracy and output precision. New map of the soil loss was prepared using the high precision database for new agricultural soils allocation. The LPIS (Land Parcel Information System) with promising 1:10000 scales became new source for the Land Cover definition. This improvement demanded completely new data preparation and 25 meters resolution was newly chosen as appropriate – which lead to huge amount of data to deal with during the computations.

DTM was redefined – based on original 1:25000 contour maps but using new interpolation techniques, the vegetation protective effect was reconsidered for the 72 regions using 1993-2005 statistical data. Rain erosivity was included as a revised map of R factor based on measurements in 87 stations [3]. The output is raster based map in 25 meters resolution defining the soil erosion risk in actual agricultural fields (taken from LPIS database). Values are available also as average table values for the particular fields of aggregated for catchments.

The map is a useful tool for following sediment transport assessment and for predicting sediment loads in reservoirs as well as for searching the endangered areas due to soil erosion processes.

Several GIS contributed the final solution – Idrisi Andes for majority of the raster based work (map algebra, spatial statistics), ArcGIS 9 for the database works (mainly dealing with 477 249 polygons of LPIS) and Geomatica 10 for the DTM

derivation. Many processes had to be scripted for effective hardware usage during the time consuming computations. Final soil loss map and the other outputs are available at the Department of Landscape Engineering – CTU Prague.

All the work was provided within the research projects COST 1P04OC634.001 (Methods and ways to predict the overland flow, erosion and transport processes in landscape) and VZ 684077000002 (Revitalization of water regime in Landscape and urban areas loaded by significant anthropogenic changes). All the support is highly acknowledged.

Keywords: erosion, soil loss map, GIS Idrisi, Czech Republic

1 Úvod

Mapa ztráty půdy je v první řadě nezbytným podkladem pro zjišťování erozní ohroženosti zemědělské půdy. Na jejím základě je možno rozlišit ohrožené oblasti vhodné k implementaci důležitých ochranných opatření. Zároveň je mapa ovšem podkladem pro řešení transportu půdních částic (a jimi vázaného znečištění) do vodních toků a nádrží a pro odhad zanášení příkopů, cest i urbanizovaných ploch.

S narůstajícími klimatickými extrémy je proto kvalitní mapa ztráty půdy pro celé území republiky nezbytným podkladem pro zavádění efektivních opatření a plánování účelného využití půdního fondu. Česká i moravská krajina je téměř stoprocentně kulturní a tedy náchylná k nevratným degradačním změnám. Citlivé hospodaření je cestou k jejímu udržitelnému a perspektivnímu rozvoji.

Pokusem určit skutečnou hodnotu erozního smyvu na celém území ČR (samozřejmě na zemědělské půdě) byl výpočet provedený na Katedře hydromeliorací a krajinného inženýrství Fakulty stavební ČVUT v Praze v roce 2001 v rámci VaV/510/4/98, „Omezování plošného znečištění povrchových a podzemních vod v ČR“ [2]. Podrobnost výpočtu byla omezena dostupnými zdroji dat i hardwarovými prostředky, nicméně poskytla ucelený přehled o skutečném (byť podle nových poznatků podhodnoceném) erozním smyvu v území. Tato studie prezentuje komplexně revidovaný výpočet erozního smyvu na celém území ČR – pro všechny půdní bloky z databáze LPIS ministerstva zemědělství ČR. Jako základní podklad byl nově připraven rastrový digitální model terénu v prostorovém rozlišení 25 metrů (velikost základního elementu 25x25 m). Tento model pomohl určit erozní ohroženost i pro jednotlivé partie v rámci každého půdního bloku (s přesností úměrnou zdrojové topografické mapě 1:25000). Ochranný účinek vegetace pomohly odhadnout statisticky vyhodnocené průměrné osevní postupy v jednotlivých okresech. Erozní účinek srážek byl posouzen na základě dlouhodobého výzkumu KHMKI [3].

2 Metodika – Univerzální rovnice ztráty půdy modifikovaná pro rastrový GIS

Univerzální rovnice ztráty půdy (USLE - [7]) je typickým představitelem empirických metod výpočtu ztráty půdy. Jedná se o jednoduchý vztah se šesti parametry, jejichž přesnost se ovšem výrazně podílí na získaných výsledcích. USLE byla řadu let využívána pouze pro návrhové postupy na jednotlivých pozemcích – jako manuální výpočet se stanovováním charakteristických podélných profilů jednotlivých svahů. V posledních deseti letech se stále více prosazuje ve spojitosti s geografickými informačními systémy (GIS) pro výpočty v celých povodích. Rovnice byla postupně odvozena v USA a jejím výstupem je průměrná roční hodnota ztráty půdy v tunách na hektar (t/ha/rok).

Základní tvar univerzální rovnice ztráty půdy je tvořen součinem šesti faktorů: $G = R \times K \times L \times S \times C \times P$. R je faktor erozní účinnosti srážek, definovaný jako součin kinetické energie deště a jeho největší 30 minutové intenzity $R=E.i$, pro danou úlohu (sečtený pro dobu celého roku) je tedy závislý též na četnosti výskytu srážek (MJ/ha.cm/h). K je faktor erodovatelnosti půdy, vyjadřující náchylnost půdy k erozi v závislosti na struktuře půdy, její propustnosti, obsahu humusu a dalších vlastnostech (t.h.MJ⁻¹.cm⁻¹). L je faktor délky svahu a zohledňuje vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy (bezrozměrný – poměr smyvu ke smyvu na jednotkovém pozemku); S je faktor sklonu svahu, velikost sklonu svahu zohledněná tímto faktorem erozi velmi výrazně ovlivňuje (bezrozměrný – poměr smyvu ke smyvu na jednotkovém pozemku sklonu 9%). Součin faktorů LS bývá často určován pomocí kombinovaného vzorce nebo společného postupu. Dohromady je potom nazýván „topografický faktor“. C faktor vyjadřuje vliv osevního postupu a agrotechniky, udává poměr ztráty půdy z vyšetřovaného pozemku a z jednotkového pozemku s trvalým úhorem při zachování zbylých parametrů, zohledňuje tedy ochranný vliv vegetace (bezrozměrný). P faktor vyjadřuje vliv protierozních opatření (bezrozměrný – poměr smyvu ke smyvu na jednotkovém pozemku).

Výpočet pomocí GIS není založen na určování jednotlivých průměrných hodnot G pro pozemek (neboli jeho charakteristický odtokový profil), ale na určení velikosti ztráty půdy pro dílčí jednotkové (malé) elementy pozemku (resp. povodí) a následnou analýzu (součet na ploše pozemků, určení průměrných hodnot pro pozemky apod.). Každému elementu je přiřazena informační hodnota dané veličiny (nadmořské výšky, sklonu, faktorů USLE atp.). Velikost elementů je dána rozlišením mapových podkladů a kapacitou počítače a pohybuje se řádově v rozmezí 10⁰ až 10³ metrů čtverečních. Tak jsou vytvořeny informační vrstvy, složené z jednotlivých elementů, pro každý z faktorů USLE. Protože elementy všech vrstev si odpovídají svou polohou, je možné průměrnou ztrátu půdy pro každý element určit jednoduchým vynásobením vrstev v prostředí GIS. Celý postup je objektivní a transparentní a je-li smyv určován pro každý element velikosti např. 25×25 metrů, snadno lze do výpočtu zahrnout nehomogenity terénu a prostorového vyčíslení faktorů USLE.

3 Příprava vstupních vrstev

Nová mapa ztráty půdy vychází z některých původních zdrojových vrstev, jiné vrstvy byly připraveny zcela nově na podkladě nových údajů a databází (nové odvození DMT, nové pozemky z databáze LPIS, C faktor, R faktor, atp.).

Protože současné řešení je pokračováním a nadstavbou řešení původního, vycházeli jsme při výpočtech ze stejného polohopisného určení – hranicemi ČR v souřadném systému S-JTSK Negative. Rozlišení vstupních vrstev bylo zvýšeno na 25 metrů, mapové vrstvy jsou GIS rastrové soubory s velikostí 19360 x 12000 pixelů (celkem 232 320 000 elementů), což u vrstev hodnotami v 32bitovém formátu znamená velikost vrstev cca 900 MB.

Výsledné hodnoty mohou být samozřejmě k dispozici i pro jednotlivé parcelní bloky LPIS v tabulkové podobě, případně přiřazené k vektorovým datům ve formátu ArcView Shapefile, nebo v různých databázových formách v agregované podobě – např. pro jednotlivá povodí 4. řádu.

Výsledná mapa ztráty půdy byla vypočtena ve dvou variantách – s různým účelem následného použití. Tyto varianty se liší použitou vrstvou erozní účinnosti srážek.

První varianta (“R mapa”) uvažuje prostorovou distribuci srážek na základě posledního výzkumu a vyjadřuje celkové “skutečné” hodnoty smyvu z období posledních desetiletí.

Druhá varianta (“R 55”) prostorovou variabilitu srážek neuvažuje (neb se jedná o zdroj se značnou nejistotou přesné alokace) a umožňuje vzájemné porovnat jednotlivé lokality ČR z hlediska náchylnosti k erozi a rizika odnosu.

3.1 R faktor

Jak bylo výše zmíněno – R faktor vstupoval do výpočtu ve dvou variantách, jež zároveň určují využitelnost výsledné mapy erozního smyvu.

Varianta – R MAPA. R faktor pro výpočet skutečné ztráty půdy byl převzat z řešení projektu COST v roce 2004 – mapa odvozená z 87 stanic na základě 40-letých datových řad měsíčních srážkových úhrnů. Její hodnoty jsou (v řádech a absolutních velikostech) potvrzeny i novějším řešením pro 1372 vyhodnocených skutečných přívalových srážek odvozených metodikou Wischmeiera a Smithe z minutových průběhů zaznamenaných dešťů v letech 2000-2005. Jedná se o vyhlazenou rastrovou vrstvu v rozlišení 1 km, převzorkovanou do potřebného rozlišení 25 metrů pro konkrétní výpočet mapovou algebrou. Hodnoty pro jednotlivé pozemky dle této mapy by se nejvíce měly blížit skutečným průměrným hodnotám erozního smyvu na pozemcích v uplynulých 15 letech (OBR).

Varianta R 55. Dále byl výpočet proveden pro jednotnou průměrnou roční hodnotu erozního účinku deště pro celé území ČR na úrovni 55 MJ.cm/ha/hod. Ta přibližně odpovídá váženému dlouhodobému průměru ze všech dosud vyhodnocených hodnot skutečných erozivit přívalových dešťů. Výpočet smyvu na základě této mapy není podřízen prostorové variabilitě účinku srážek na území ČR a je vhodný pro posouzení potenciačního ohrožení zemědělských pozemků vzhledem k jejich kvalitě, dispozicím a obhospodařování. Je také vhodný pro orientační posouzení erozí nejvíce ohrožených částí pozemků – údolnic, strmých partií, úpatí dlouhých nepřerušovaných svahů a jiných problémových partií. Vzhledem k absenci vlivu prostorové variability srážek tak lze srovnávat ohroženost v jednotlivých regionech i pro případ mimořádných srážkových událostí, povodňové situace a podobně.

3.2 K faktor, P faktor

K faktor byl beze změny převzat z předchozího řešení z roku 2001. Je škoda, že se pro řešení nepodařilo zajistit vektorovou mapu BPEJ, nicméně jiný podrobnější zdroj než použitá mapa KPP v měřítku 1:200 000 není dle našich informací pro celou ČR dosud k dispozici. Práce na digitální mapě KPP na základě zdrojových podkladů v měřítku 1:50 000 realizované v AOPK Brno (citováno v [5], str. 80) zřejmě dosud nebyly dokončeny. Podrobný popis přípravy vrstvy je uveden v [2]. Uvedená rastrová mapa byla pro současné řešení pouze převzorkována z rozlišení 50 m do rozlišení 25 m metodou nejbližšího souseda – vzhledem k přesnosti původního vektorového podkladu (1:200 000) se jedná o postup zachovávající přesnost podkladu.

P faktor. Hodnoty faktoru protierozních opatření nebyly v souladu s běžným postupem do řešení zahrnuty, neboť jejich hodnoty pro území ČR nejsou nikde jednotně evidovány. S P faktorem počítáme běžně při návrhu protierozních opatření při plánování například pozemkových úprav – nicméně tato studie si neklade za cíl posuzovat jednotlivé pozemky do úrovně návrhu opatření – k tomu je vždy třeba provést ZEJMÉNA skutečné místní šetření a podrobný průzkum, což je samozřejmě mimo možnosti řešitelského týmu. Nicméně vypočtený podklad lze použít k vytipování ohrožených území a následnému konkrétnímu posouzení vytipovaných lokalit.

3.3 Digitální model terénu

Při přípravě nové mapy erozního smyvu byl původní připravený DMT podroben opětovné analýze. Po 6 letech od původního řešení vývoj hardwarových i softwarových prostředků pokročil a umožňuje tak použít náročnější metody interpolace než bylo v daném rozsahu možno při řešení v roce 2001.

Testovány byly různé metody přípravy. Původní metoda INTERCON (software Idrisi) – s vyšším stupněm vyhlazení a potlačení chyb. Lineární nediagonální metoda CONIC (software Geomatica) – lépe určuje ploché oblasti s nedostatkem vrstevnic. TIN – triangulace z vrstevnic a následná interpolace (software Idrisi) – rovněž naráží na nedostatek vrstevnic v některých oblastech. TOPO TO RASTER – Interpolace v prostředí ArcGIS – účinná, ale nejednoznačná při změně startovní pozice rastru – nebylo ji možno použít pro následné spojení dílčích vrstev.

Jako nejvhodnější byla nakonec vybrána metoda CONIC – algoritmus programu Geomatica. Problémem byla při zvoleném rozlišení 25 metrů opět rychlost interpolace – neboť ani pro současnou běžnou konfiguraci hardware (Intel Core Duo, 2GB RAM) nebylo možno řešit celý výpočet najednou (trval cca 300 hodin strojového času). Proto byly vytvořeny skripty jak pro prostředí Idrisi (rasterizace vrstevnic, rozřezání na 32 samostatných listů s přesahem 200 elementů, následovný ořez a spojení), tak pro prostředí Geomatica (import listů do formátu PIX, přidání 32-bitového kanálu, interpolace CONIC, export zpět do Idrisi). Jako nejvhodnější následnou úpravou bylo vybráno vyhlazení Gaussovským filtrem na matici 7x7 elementů, odstranění bezodtokých míst nakonec po všech testech provedeno nebylo. Před ořezem přesahových pásem a spojením do jedné společné vrstvy DMT bylo zkontrolováno pro celé území ČR, že okrajové hodnoty nejsou znehodnoceny a vrstvy jsou po ořezu okrajů v lícových řezech shodné. Podrobnosti testování jsou uvedeny v [4].

Pro aplikaci v modelu USLE2D byl výsledný DMT opět rozřezán na 32 překrývajících se částí, původní kompletace a opětovné rozřezání bylo nutno provést proto, aby jednotlivé části byly skutečně shodné až do krajů i v okrajových oblastech. Na stejné části byla poté rozdělena i vrstva pozemků. Při dalším výpočtu byl opět přijat předpoklad, že žádný z ohrožených pozemků zemědělské půdy nepřesahuje délku 5000m – ve které by se nacházel jeden takto dlouhý odtokový profil.

3.4 Databáze pozemků

Mapa pozemků nahrazuje při výpočtu erozního smyvu kompletní mapu využití území. Pozemky definují řešené plochy erozního smyvu a jsou tedy základním podkladem pro celý výpočet i jeho závěrečné vyhodnocení. V průběhu výpočtu jsou pozemky konkrétním podkladem pro dvě výpočtové vrstvy GIS – mapu LS faktoru a mapu C faktoru.

Zdrojem mapy využití území a kompletní databáze pozemků byla pro současné řešení mapy erozního smyvu databáze půdních bloků LPIS [6]. Pro řešení dostupná varianta obsahovala 477 249 samostatných polygonů zemědělských půdních bloků zakreslených v souřadném systému S-JTSK na základě ortofotomapy (verze „jaro 2006“). Atributová tabulka obsahovala 8 kategorií (Chmelnice, jiná kultura, orná půda, ovocný sad, porost rychle rost. dřevin, trvalý travní porost, vinice, zalesněno)

Pro výpočet LS faktoru bylo třeba pozemky převést z vektorového formátu Shapefile do podoby rastrové vrstvy s identifikátory pozemků ve formátu 15-bitového zápisu – celých kladných čísel. Přitom bylo třeba zachovat oddělenou identifikaci jednotlivých bloků tak, aby při výpočtu LS mohly být uvažovány jejich hranice pro oddělení odtokových profilů. K tomu byly využity nástroje prostorového výběru a reklasifikace v prostředí ArcGIS i Idrisi.

3.5 C faktor

Pro přípravu vrstvy C na pozemcích orné půdy byly využity následující statistické databáze: osevní postupy okresů ze statistické ročenky v roce 1995; osevní postupy okresů a krajů z databáze KROK v letech 1993-2005; osevní postupy pro celou ČR z veřejné databáze ČSÚ (tabulka 14.7 – osevní plochy zemědělských plodin) v letech 1995 – 2002.

Na základě všech shromážděných dat byla provedena analýza osevních ploch jednotlivých plodin ve sledovaných letech pro jednotlivé okresy ČR – z těchto hodnot byly odvozeny po vyřešení všech nesrovnalostí průměrné roční hodnoty C faktoru pro každý z okresů v každém roce.

Každému polygonu databáze LPIS byla nakonec přiřazena hodnota průměrného C faktoru v závislosti na kategorii využití území a příslušnosti k danému okresu. Polygony s přiřazenými hodnotami byly převedeny na výslednou rastrovou vrstvu C faktoru (pozemků) v rozlišení 25m.

4 Výpočet smyvu

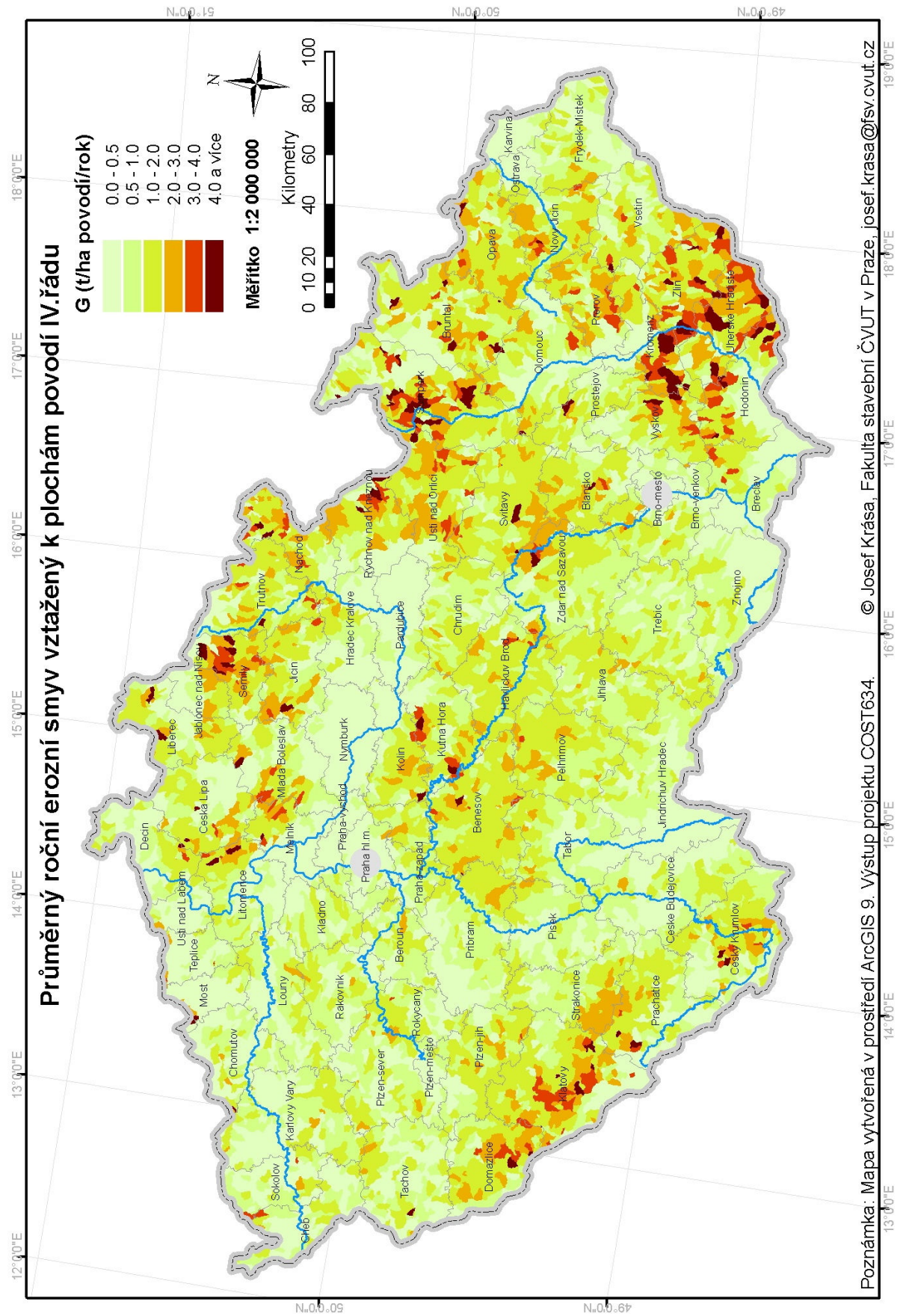
Rastrová mapa – vrstva ztráty půdy v jednotlivých elementech byla získána prostým násobením jednotlivých vrstev faktorů v prostředí GIS, jak vyplývá z Univerzální rovnice. Byly přitom řešeny dvě varianty výpočtu, ZTRÁTA R MAPA – hodnoty skutečné ztráty půdy pro období přibližně posledních 15 let a ZTRÁTA R 55 – hodnoty potenciální ztráty půdy – pro definování rizikových oblastí ČR.

Hodnoty smyvu v jednotlivých pixelech (25x25 m) jsou vhodné především k vytipování erozně nejohroženějších partií pozemků. Extrémní hodnoty vypočtené v údolnicích nelze v absolutních číslech kvantitativně interpretovat přímo – teprve po přepočtu na průměrný smyv na celých pozemcích.

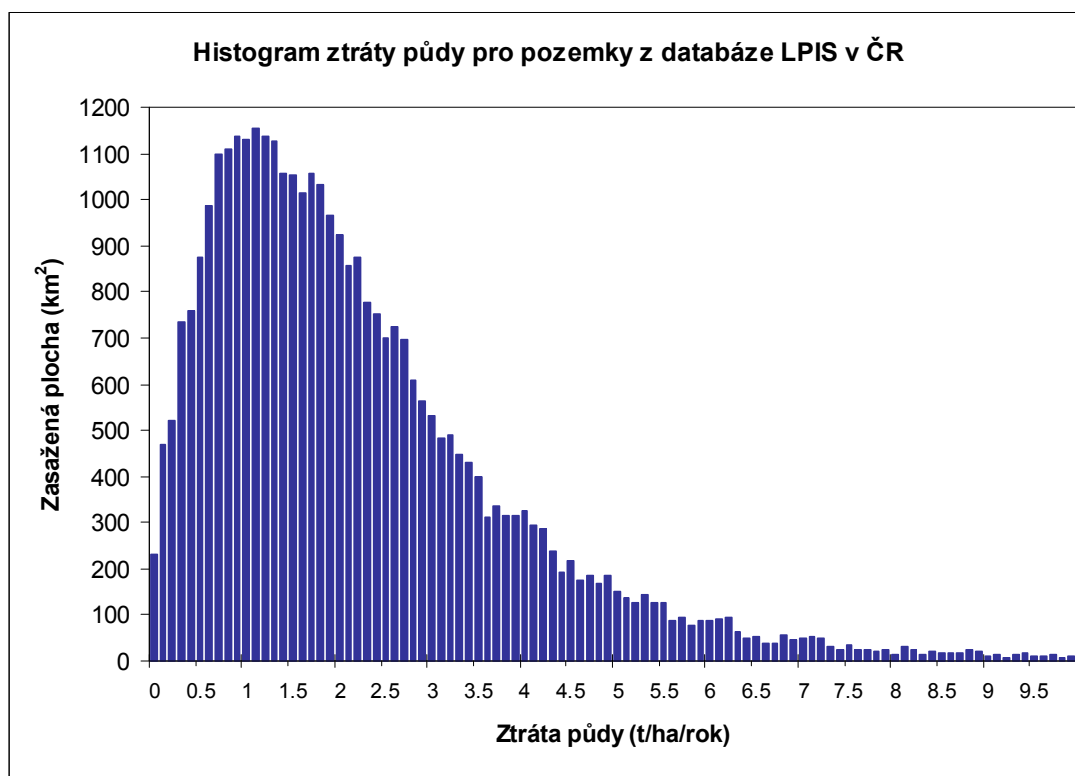
Z vrstev ztráty půdy v jednotlivých elementech lze v detailu usuzovat na erozní ohroženost do úrovně částí pozemků LPIS, nicméně bez další interpretace nejsou pro laika využitelným podkladem. Proto prvním potřebným krokem bylo odvození hodnot průměrných i celkových ztrát na jednotlivých pozemcích a dále porovnání erozního smyvu pro jednotlivá povodí 4. řádu případně jinak vyčleněné územní celky ČR. Obojí bylo provedeno pomocí nástrojů prostorové statistiky GIS.

Dále byla pro všech cca 8300 povodí IV. řádu v ČR dopočtena celková ztráta z povodí i transport sedimentu do vodních toků po vynásobení koeficientem poměru odnosu (SDR). Přehledná mapa průměrné ztráty půdy v jednotlivých povodích 4.řádu je srozumitelným podkladem dostatečně znázorňujícím množství erozního smyvu v jednotlivých oblastech – umožňuje udělat si přehled o rozdílech v množství erozního smyvu v jednotlivých regionech ČR (Obr. 1).

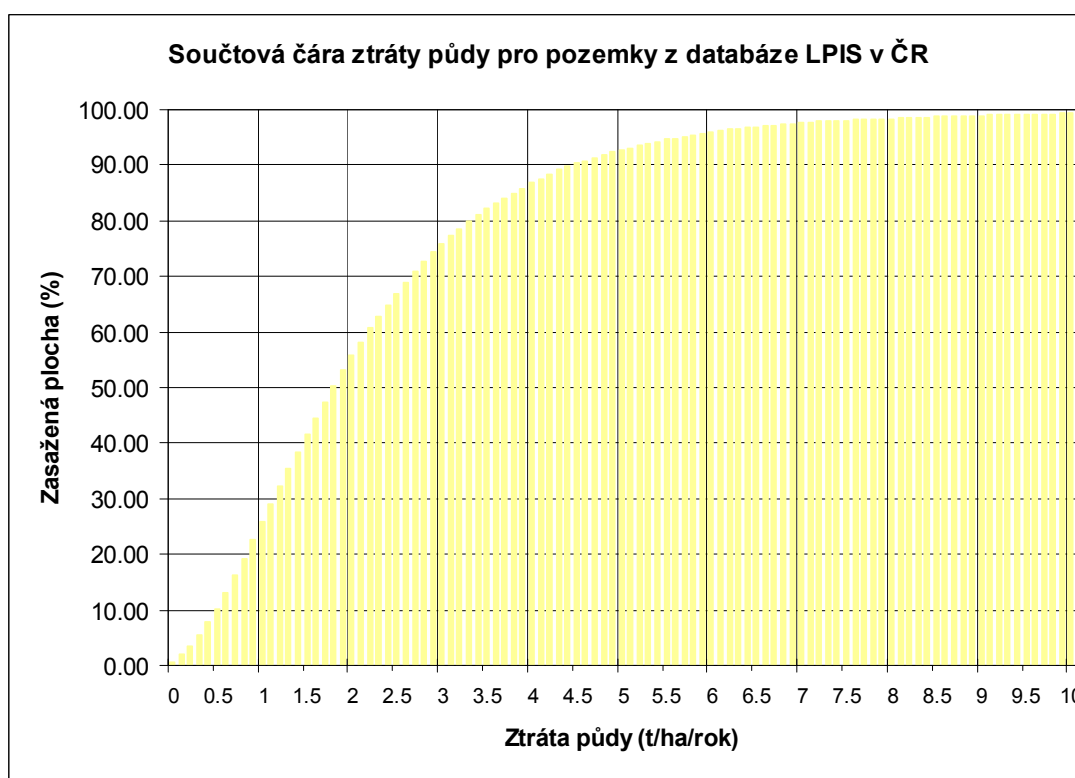
Z uvedených výpočtů vyplývá, že průměrně je celorepublikově ze zemědělské půdy odplavováno a transportováno do vodotečí celkem cca 3 175 280 tun sedimentu ročně, což odpovídá odnosu cca 905 kg ornice z hektaru zemědělské půdy.



Obr. 1: Mapa průměrné ztráty půdy v jednotlivých povodích 4. řádu – skutečný smyv se zahrnutím mapy R faktoru.



Obr. 2: Histogram ztráty půdy pro pozemky z databáze LPIS a celou ČR.



Obr. 3: Součtová čára (čára překročení) hodnot ztráty půdy pro pozemky z databáze LPIS v ČR.

5 Závěrečné zhodnocení a poděkování

V rámci projektu COST634 a výzkumného záměru VZ684077000002 byla odvozena mapa ztráty půdy a mapa transportu sedimentu do vodních toků. Mapa erozního smyvu je výrazným zpřesněním dosavadních dostupných podkladů pro celorepublikové hodnocení erozních procesů. Z uvedené mapy – respektive GIS vrstvy a připojených databází – je možno usuzovat na míru erozní ohroženosti do úrovně jednotlivých pozemků, respektive půdních bloků databáze LPIS. Podrobnosti výpočtu a doplňující obrazová dokumentace jsou zájemcům k dispozici v řešitelské zprávě [4].

Mapa byla připravena na základě v současné době dostupných podkladů na celorepublikové úrovni, čímž je (krom metodiky a rozlišení výpočtu) dána její podrobnost a omezení vyplývající z nedostupnosti některých podkladů. Výrazného zpřesnění by bylo možno dosáhnout zejména, pokud by se podařilo do mapy zahrnout půdní charakteristiky z vektorové databáze BPEJ, případně, pokud by zdrojový výškopisný model byl nově odvozen na základě výškopisu z databáze ZABAGED (to se týká zejména oblastí s minimální sklonitostí). I přes uvedené nedostatky lze podle mapy objektivně porovnat jednotlivé oblasti a nalézt potenciálně ohrožené pozemky.

Mapa NEMÁ sloužit jako podklad pro posouzení pozemků za účelem návrhu protierozních opatření. Zde je třeba stále mít na paměti, že se přes veškerou pečlivost výpočtu jedná o vrstvu odvozenou pouze na základě předzpracovaných mapových podkladů. Pro případné posouzení pozemků pro návrh PEO je třeba provést terénní průzkum a podrobné místní vyšetření skutečných podmínek na analyzovaných pozemcích.

Mapa ztráty půdy byla odvozena ve dvou variantách.

Především je to **mapa skutečné ztráty půdy** (jež je taky podkladem pro určení transportu sedimentu), při jejímž odvození byla do výpočtu zahrnuta regionalizace faktoru erozní účinnosti srážek. Mapa tedy ukazuje na oblasti jež v 40-ti uplynulých letech podléhaly rovněž zvýšenému účinku deště a povrchového odtoku. Přitom je třeba si uvědomovat, že mapování účinku srážek je v tak rozsáhlém plošném měřítku vždy záležitost nejednoznačná a v plném rozsahu nerealizovatelná.

Dále je to **mapa potenciální ztráty půdy**, jež uvažuje jednotnou hodnotu R faktoru (55 MJ.cm/ha/h) na celém území ČR. Tato mapa je vhodná především pro porovnání jednotlivých regionů z hlediska ohroženosti při stejných podmínkách účinku deště. Vypovídá o kvalitě a rizikovitosti jednotlivých pozemků.

Z obou mapových podkladů byly odvozeny rovněž agregované verze mapy ukazující průměrnou a celkovou ztrátu půdy ve všech povodích 4. řádu č.h.p. Uvedené údaje jsou pro pozemky LPIS i povodí dostupné rovněž v tabulkové podobě. Na základě dostupných údajů byl vypočten i průměrný transport sedimentu do vodních toků v rámci jednotlivých povodí. Použitá metodika ovšem nezaručuje získání skutečných hodnot transportu látek z povodí, vždy je třeba provést verifikaci a měření v terénu pro ověření výsledku a upřesnění vypočtených hodnot.

Z výpočtu vyplývá, že v rámci celé ČR vstupuje ze zemědělských pozemků cca 3 175 280 tun sedimentu ročně, což při průměrné objemové hmotnosti 1,6 t/m³ odpovídá každoročnímu odnosu cca 0.565 m³ ornice z hektaru zemědělské půdy. Z mapy ztráty půdy pro všechny zemědělské pozemky ČR lze rovněž určit, že průměrná hodnota erozního smyvu na zemědělských pozemcích se dlouhodobě pohybuje na úrovni cca 2.34 t/ha za rok. Jaké je celkové rozložení hodnot ztráty půdy pro celé území republiky je patrné z obrázků (Obr. 2) (Obr. 3).

Z uvedené součtové čáry je patrné, že zhruba na 14 procentech plochy pozemků erozní smyv převyšuje 4 t/ha/rok a téměř 80% pozemků se vyznačuje ztrátou půdy přesahující 1

t/ha/rok. Uvedená čísla se mohou jevit jako hodnoty v „mezích“ normálu – nicméně stále je třeba pamatovat na to, že hovoříme o tisících kilometrech čtverečních výrazně erozně ohrožených a že tyto hodnoty rovněž vedou na nezanedbatelné trvalé zanášení našich toků a nádrží vysoce úživným sedimentem, což trvale poškozují kvalitu našich povrchových vodních zdrojů.

Odvozené mapy byly vytvořeny za pomoci projektu COST 1P04OC634.001 – „Metody a způsoby predikce povrchového odtoku, erozních a transportních procesů v krajině“. Použité metodické postupy v prostředí GIS a analýzy využití GIS nástrojů potřebné pro výpočet byly odvozeny za pomoci výzkumného záměru VZ 684077000002 – „Revitalizace vodního systému krajiny a měst zatíženého významnými antropogenními změnami“.

Reference

- [1] Desmet, P.J.J., Govers, G.: A GIS-procedure for automatically calculating the USLE LS-factor on topographically complex landscape units. *Journal of Soil and Water Conservation*, 51 (5): 427-433.1996
- [2] Dostál T., Krása J., Váška J., Vrána K. Mapa erozní ohroženosti půd a transportu sedimentu v České republice. Dílčí zpráva projektu VaV/510/4/98 za rok 2001, koordinátor VÚV TGM Praha. ČVUT, Praha, 2001
- [3] Dostál a kolektiv - Metody a způsoby predikce povrchového odtoku, erozních a transportních procesů v krajině, výzkumná zpráva projektu COST 634, ČVUT v Praze, fakulta stavební, katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství, 2006
- [4] Dostál a kolektiv - Metody a způsoby predikce povrchového odtoku, erozních a transportních procesů v krajině, výzkumná zpráva projektu COST 634, ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství, 2007 (v tisku)
- [5] Krása J., 2004. Hodnocení erozních procesů ve velkých povodích za podpory GIS, dizertační práce, ČVUT Praha, 2004
- [6] Ministerstvo zemědělství ČR. <http://www.sitewell.cz/czlpis/>
- [7] Wischmeier, W.H., Smith, D. D. Predicting Rainfall Erosion Losses – A Guide to Conservation Planning. Agr.Handbook No.537. US Dept.of Agriculture, Washington, 1978.