

Využitie priestorových údajov diaľkového prieskumu Zeme v presnom poľnohospodárstve ako prevencia rozvoja erózie pôdy

Petlušová, V., Petluš, P., Moravčík, M., Bugár, G.: Using Spatial Data from Remote Sensing in Precision Agriculture to Prevent Soil Erosion Development. *Životné prostredie*, 2020, 54, 2, p. 78–82.

Precision farming relies on the knowledge of differences in land characteristics, and these enable us to treat any given area with individually applied cultivation technology. This reduces inputs and costs, and has a positive effect on soil properties with the elimination of soil degradation processes. This study examines the possibilities of preventing soil erosion in precision farming using spatial data acquired from remote land sensing. This method provides precise identification of soil erosion processes essential to ensure precision farming. Here, we applied remote land sensing for erosion research and the most important components of the digital relief model for precision farming. This was obtained by processing both aerial photogrammetry and aerial landscape scanning information. These methods enabled processing an erosion map and identifying erosion risk sites which require altered cultivation technology to ensure precision farming.

Key words: precision farming, remote sensing, aerial photography, digital model of relief, photogrammetry, soil erosion

Súčasný overený systém poľnohospodárstva preferujúci veľkovýrobné postupy pestovania poľnohospodárskych plodín, ktorý využíva tradičné agrotechnické operácie na pôdnom celku častokrát vedie k znižovaniu kvality jednotlivých zložiek životného prostredia. Hlavne samotnej pôdy a vody. Tento systém poľnohospodárstva vychádza z predpokladu, že pôdny celok je homogénny, no z detailného pohľadu majú pôdne celky alebo ich časti rozdielne vlastnosti napr. pôdny druh, svahovitosť, obsah živín a organickej hmoty, hĺbku ornice, ohrozenie eróziou a ďalšie parametre.

Heterogenitou pôdnych celkov sa zaoberá presné poľnohospodárstvo (angl. *Precision Agriculture*, resp. *Precision Farming*), ktorého cieľom je získať maximálne množstvo informácií o pôdnom celku s cieľom zvýšenia efektívnosti výroby. Vďaka znalostiam o rozdielnosti pôdnych vlastností v rámci pôdneho celku môže presné poľnohospodárstvo uplatňovať pestovateľské technológie individuálne k danému miestu. Pre efektívne hospodárenie je dôležité poznať nie len údaje o množstve živín v pôde, pôdnej reakcii, organickej hmoty a pod., ale tiež o degradačných procesoch prebiehajúcich na pôde. K jedným z nich patrí aj vodná erózia, ktorá spôsobuje environmentálne problémy na poľnohospodárskej pôde. Je procesom, pri ktorom dochádza k mechanickému rozrušovaniu pôdy (činiteľmi ako je voda, vietor, ľad alebo sneh) a následnému odnosu pôdneho a horninového materiálu. V prípade poľnohospodárskej pôdy to predstavuje úbytok najúrodnejšej povrchovej vrstvy, v ktorej dochádza k úbytku živín, organickej hmoty, humusu, zníženiu mikrobiologického života a stratu

funkcií pôdy. Rataj (2014) uvádza, že erózne procesy, spôsobené prúdom vody, ktorý prúdi po sklonenej ploche pozemku, v prípade, že dávka vody presiahla schopnosť pôdy infiltrovať dané množstvo vody, vedú k degradácii poľnohospodárskej pôdy. Znižovaním produkčnej schopnosti pôdy spôsobujú výrazné škody v poľnohospodárskej výrobe.

Moderné technológie, ako diaľkový prieskum Zeme (DPZ) a vývoj robotiky, vedú k zmene zaužívaných princípov a postupov hospodárenia aj v poľnohospodárskom sektore. Novodobé systémy hospodárenia na pôde zahŕňajú technológie, ktoré sa snažia zlepšiť presnosť a efektívnosť poľnohospodárskych procesov a minimalizovať zaťaženie životného prostredia.

Presné poľnohospodárstvo, ktoré predstavuje systém hospodárenia na poľnohospodárskej pôde využíva technológie umožňujúce prispôsobenie vykonávaných pracovných operácií pri pestovaní plodín. Využíva priestorovú variabilitu a teda rozdielne vlastnosti pôdy a porastu v rámci jednej parcely. Pomáha dosahovať vysoké výnosy/úrody s minimalizovaním nákladov na hnojivá alebo postreky použité v časovom horizonte vtedy, kedy je to potrebné, v miere, v akej je to potrebné a presne na miestach, kde to je potrebné.

V súčasnej poľnohospodárskej výrobe sa výrazne prejavuje vplyv meniacej sa klímy a jej dôsledky na stave pôdy. Dochádza k častejším a intenzívnejším zrážkam, čo vedie k častejším prívalovým povodniam, vyvolávajúcim erózne procesy (obr. 1), zamokrenie a následné zhutnenie, ktoré spôsobuje zníženie infiltračnej schopnosti pôdy. Presné poľnohospodárstvo so systémom

riadeného pohybu strojov po poli, ktoré obmedzuje šírku prekryvania záberu a množstvo prejazdov prispieva k zníženiu erózie. Dôležitým faktorom je aj orientácia smeru jazd vo vzťahu ku sklonu pozemku. Príspevok predstavuje možnosti prevencie erózie pôdy v presnom poľnohospodárstve s využitím priestorových údajov diaľkového prieskumu Zeme ako jeden z nástrojov identifikácie erózných procesov.

Diaľkový prieskum Zeme pri výskume erózie na Slovensku

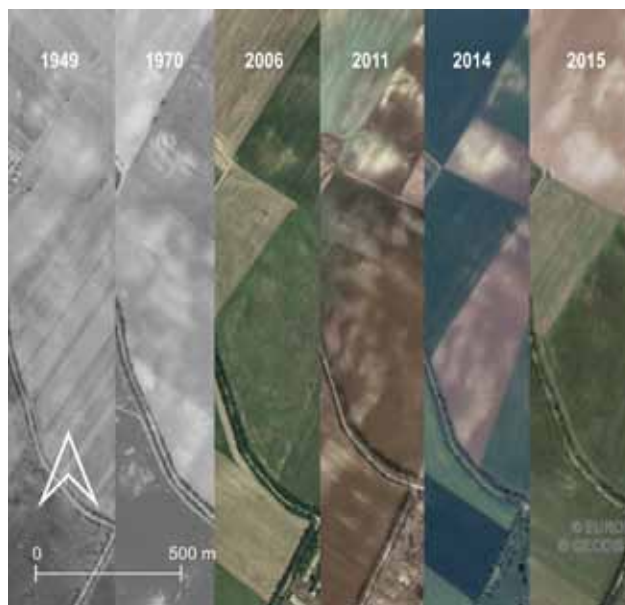
Metódy diaľkového prieskumu Zeme si našli svoje uplatnenie aj pri identifikácii erózných procesov pôdy. Prvé poznatky o využití leteckých snímok pri mapovaní pôd na Slovensku zverejnili Juráni, Šurina (1973). Založené bolo na mapovaní erodovaných pôd pomocou pozemných snímok v horskom teréne v lesníckom pôdoznactve. Údaje z mapovania vyhodnocovali Midriak, Petráš (1972, 1980). Mapovanie erózie pôd s využitím metód diaľkového prieskumu Zeme sa na Slovensku využíva od 90-tych rokov. Prebieha na základe leteckých snímok, na ktorých sa identifikujú erózne plochy. Metóda sa využíva na celkové orientačné posúdenie intenzity erózie na veľkom území. Dáva okamžitý prehľad o plošnom rozsahu a intenzite erózie a umožňuje zefektívniť terénny prieskum, ktorý potom erózný proces kvantifikuje (Fulajtár, Janský, 2001). Využívanie geografických informačných systémov zabezpečilo odskúšanie vizuálnej vektorizácie erodovaných areálov z naskenovaných leteckých snímok, aj z panchromatickej družicovej snímky SPOT PAN, z ktorej boli identifikované erodované pôdy pomocou kontrolovanej matematickej klasifikácie (Fulajtár, 1998). Aspektmi využitia snímok v kombinácii s digitálnym modelom terénu sa zaoberali Šúri (1996). V ďalších rokoch vznikali práce, ktoré dokončili spracovanie, interpretáciu a vizualizáciu predchádzajúcich výsledkov (Fulajtár, 1999). Vývoj a testovanie nových metód mapovania erodovaných pôd pokračuje, čo poukazujú práce Fulajtár a kol. (2013), Smetanová (2011), Kollárová (2013), Lieskovský, Kendressy (2014) a i.

Systém sledovania erózie pôdy v presnom poľnohospodárstve

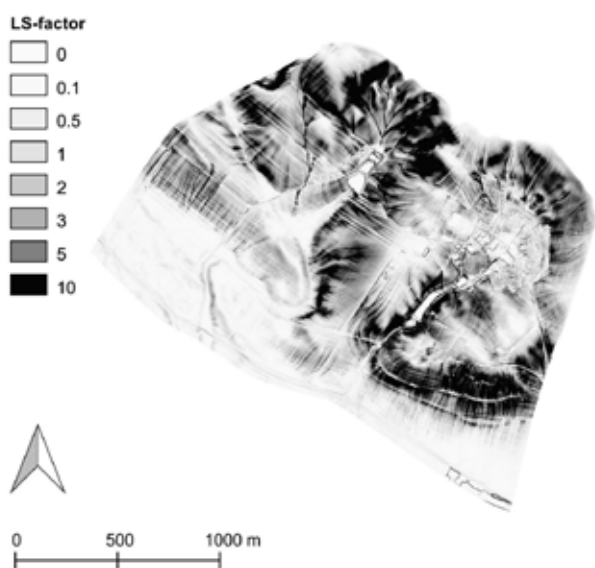
Vo výskume erózných procesov pre potreby presného poľnohospodárstva sa metódy DPZ uplatňujú vo všetkých etapách. Na identifikáciu erózných procesov sa používajú ortofotomozaiky leteckých snímok z rôznych časových období (obr. 2), čím sa usilujeme eliminovať efekt vegetačného krytu (sezónne čiastočne prekryvajúci vizuálny prejav erózie). Spôsob je možné využiť hlavne na černoziach a hnedozemiach vyvinutých na sprašiach nížinných pahorkatín intenzívne využívaných na poľnohospodársku činnosť. Erózne procesy



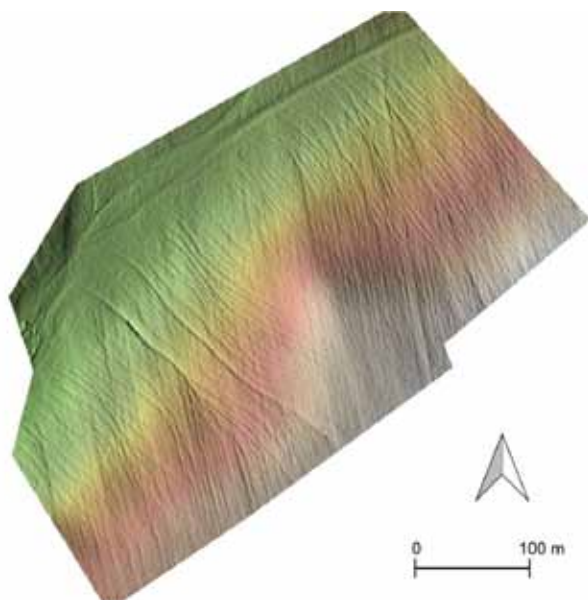
Obr. 1. V podmienkach meniacej sa klímy je potrebné počítať s negatívnymi dopadmi na produkciu poľnohospodárskych plodín, jednak v podobe dlhotrvajúceho sucha, ako aj opakujúcimi sa lejakmi. Snímka nasnímaná UAV z výšky 146 m s viditeľným prejavom vodnej erózie pôdy s porastom repky olejnej, ako následku lejakov a nevhodných agrotechnologických postupov (Zálužianska pahorkatina, február 2019). Foto: Tomáš Rusňák



Obr. 2. Svetlé, vybielené plochy predstavujú eróziou postihnuté územia. Konfrontáciou viacerých časových období je možné identifikovať eróziu postihnuté plochy aj na miestach, ktoré sú v jednom časovom období pokryté vegetáciou. Zdroj: autori, podkladové ortofotomapy © EUROSENSE a historické letecké snímky © Topografický ústav B. Bystrica



Obr. 3. LS faktor obce Belá (Hronská pahorkatina) odvodený z digitálneho modelu reliéfu DMR5 (ÚGKK SR). Predstavuje potenciál akcelerácie odnosu materiálu zo svahu po zohľadnení neprerušovaných dĺžok a sklonu svahu. Zdroj: vlastné výsledky



Obr. 4. Digitálny výškový model povrchu s veľmi vysokým rozlíšením. Model zachytáva eróziu v podobe rýh a výmoľov so silnou akumuláciou v dolnej časti svahu (na obrázku hore) na poľnohospodárskej pôde. Plodinou bola repka olejná. (k. ú. Lehota, február 2019) Zdroj: vlastné výsledky

možno identifikovať ako svetlé amébovité útvary, ktoré indikujú absenciu vrchného pôdneho A horizontu, prípadne B horizontu. Priestorové rozšírenie erózných a akumulčných areálov sa realizuje vizuálnym hodnotením korelácie farby pôdy s erodovanosťou pôd a interpretáciou leteckých snímok. Silno erodované plochy sú zobrazené ako svetlé flaky obklopené tmavšími plochami neerodovanej a akumulovanej pôdy. Významné sú plochy, kde erózia prebiehala v minulosti a prebieha aj v súčasnosti, alebo sa vyskytla len v minulosti alebo len v súčasnosti. Identifikáciu erózných procesov dopĺňame terénnym prieskumom.

Dôležitým nástrojom vstupujúcim do výskumu modelovania erózie je digitálny model reliéfu, ktorý poskytuje základné údaje o jeho morfolohových vlastnostiach. Poskytuje informácie o nadmorskej výške reliéfu, je z neho možné odvodiť morfometrické ukazovatele ako je sklon, orientácia voči svetovým stranám, tvary reliéfu a tiež identifikovať miesta sústredného povrchového odtoku a akumulácie materiálu. V súčasnosti je pre veľkú časť Slovenska dostupný model poskytnutý Úradom geodézie, kartografie a katastra SR (ÚGKK SR) vytvorený z údajov leteckého laserového skenovania. V procese identifikácie vodnej erózie sa javí ako vhodný nástroj napr. pri odvodení kombinovaného faktora LS (*The combined slope length and slope angle factor* – faktor dĺžky a sklonu svahu) (obr. 3), pri výpočte priemernej ročnej straty pôdy spôsobenej vodnou eróziou podľa rovnice USLE (*The Universal Soil Loss Equation* – univerzálna rovnica straty pôdy) (Wischmeier, Smith, 1978).

Pri identifikácii procesov vodnej erózie v súčasnosti zohráva významnú úlohu aj letecká fotogrametria s využitím bezpilotného zariadenia (UAS, *Unmanned Aircraft Systems*). Úlohou fotogrametrie je rekonštrukcia tvaru, veľkosti a polohy terénu (objektu) v priestore z jeho zobrazenia. Výstupom fotogrametrie je zvyčajne mapa, alebo 3D model objektu. Metóda sa využíva na celkové orientačné posúdenie intenzity erózie v modelovom území (obr. 4). Dáva okamžitý prehľad o plošnom rozsahu a intenzite erózie v území a umožňuje zefektívniť terénny prieskum, ktorý potom eróznym procesom kvantifikuje. Použitie systému UAS je veľmi nápomocné pri likvidácii škôd po živelných pohromách. Vďaka aktuálnosti dát je možné vyhodnotiť škody na odnose pôdy na poliach spôsobených prívalovými zrážkami.

Dáta nasnímané UAV technológiou (*Unmanned Aerial Vehicle* – dron) poskytujú letecký pohľad na územie v podobe ortofotomozaiky, ako aj digitálny výškový model s veľmi vysokým rozlíšením (rádovo v cm) (obr. 5). Ich výhodou je hlavne vysoká detailnosť a schopnosť identifikovať tak grafické (napr. rozdiely vo farbe pôdy) ako aj detailné morfolohové vlastnosti povrchu. Snímaním vo viacerých časových obdobiach je možné identifikovať objemy plodiny ako rozdiel digitálneho modelu reliéfu (DMR) a digitálneho modelu povrchu (DMP) a hľadať vzťah objemu fytomasy a eróziou postihnutých plôch.

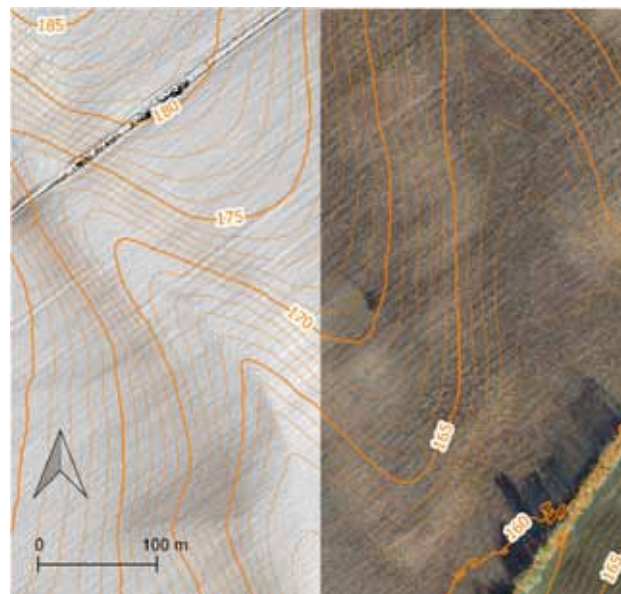
Overenie erózie pôdy v teréne

Optimálny výber vhodnej metódy a využitie metód mapovania erózných procesov pre potreby presného poľnohospodárstva si vyžaduje okrem teoreticko-metodologických znalostí aj terénny prieskum. Význam terénneho prieskumu spočíva v konfrontácii dát získaných modelovaním alebo vizualizáciou erózných plôch s reálnym prejavom erózie na sledovanej modelovej ploche. Využitím viacerých metód sa čiastočne eliminujú problémy, ktoré mapovanie so sebou prináša.

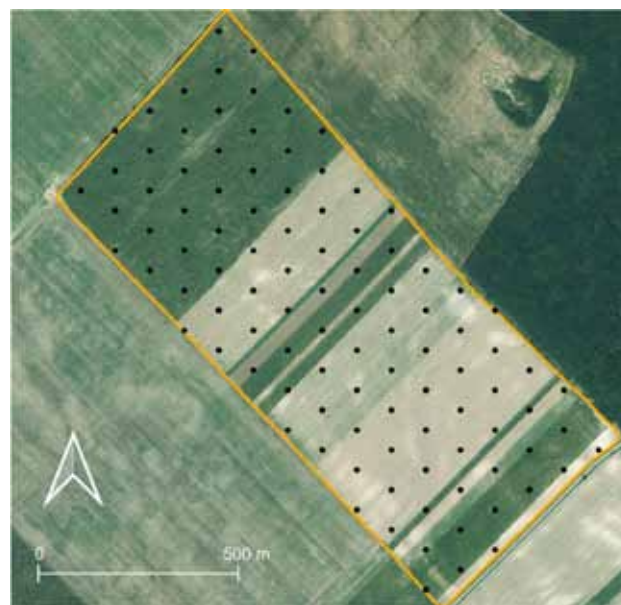
Vhodnou metódou je sieť overovacích bodov s rozlíšením podľa veľkosti pozemku od 100 – 400 m. (obr. 6) Overovanie erodovaných pôd terénnym výskumom sa zameriava na silno erodované pôdy, ktoré sa výrazne líšia od pôvodných neerodovaných pôd tým, že majú obnaženú spodnú časť B alebo C horizontu, ktoré sú výrazne svetlejšie ako A prípadne horná časť B horizontu (Fulajtár, Janský, 2001). Overovanie sa uskutočňuje aj v miestach akumulácie pôdy, ktoré indikujú presun pôdných častíc z hornej časti svahu do dolnej. Výber miesta pre realizáciu sondy je podmienený prítomnosťou svetlých (erózia) resp. tmavých (akumulácia) plôch viditeľných na leteckých snímkach aj priamo v teréne. Východiskovým podkladom je podklad získaný pri identifikácii reálne ohrozených plôch v procese zisťovania priestorového rozšírenia a modelovania vodnej erózie. Na overenie využívame pôdne sondy s možnosťou vrtania do 120/500 cm s priemerom 50 mm (napr. sonda Edelman). Zisťuje sa mocnosť humusového horizontu, prítomnosť pôdných horizontov, hĺbka preorávania, charakter pôdotvorného substrátu a mocnosť akumulovaného materiálu, zároveň výskyt pôdných typov a subtypov klasifikovaných v systéme bonitačných pôdno-ekologických jednotiek.

Informačná mapa eróziou ohrozených plôch

Kombináciou metód DPZ a terénnym prieskumom sa zisťuje variabilita vlastností pôdy. Výsledkom kombinácie sú informačné mapy, ktoré vyjadrujú priestorové rozloženie sledovaných vlastností. Na základe informačnej mapy eróziou ohrozených plôch možno vykonávať manažérske rozhodnutia o plodinách, ktoré sa budú na ploche pestovať a akým spôsobom, aby sa zabezpečila požadovaná úrodnosť a zároveň sa ochránila pôda pred vodnou eróziou. Z dôvodu odnosu vrchnej časti pôdy bohatej na živiny a organickú hmotu si lokality postihnuté eróziou vyžadujú vyššie dávky dodatkovej energie, kým plochy, kde dochádza k akumulácii pôdy, jej vyžadujú minimálne množstvo. Mapu eróziou ohrozených plôch je vhodné kombinovať s mapou variability porastu (zásobenosti dusíkom, hustoty a pod.). Ich syntézou možno vytvoriť mapu odporúčaných dávok dusíka, prípadne mapy iných živín a určiť tak optimálnu aplikačnú dávku hnojiva. Výsledkom je návrh aplikácie



Obr. 5. Digitálny model povrchu a ortofotomozaika s rozlíšením 3 cm, nasnímané UAV. Na ortofoto viditeľne vystupujú tmavé akumulované koluviozeme v údolí a svetlé vybielené černozyeme erodované, až regozeme na svahoch. (k. ú. Báb, október 2018). Zdroj: vlastné výsledky Vpravo – tieňovaný digitálny model povrchu, vľavo – ortofotomozaika



Obr. 6. Príklad pravidelnej siete overovacích bodov, vo vzájomnej vzdialenosti 100 m, na pozemku s pásovým hospodárením so svahovitosťou 0 - 7°(priemer 2,53°) a s viditeľnými prejavmi erózie pôdy so zastúpením černozyeme, černozyeme erodovanej a hnedozemnej na sprášových hlinách (k. ú. Nová Vieska, Hronská pahorkatina, marec 2020). Autor: Peter Petluš

protieróznych opatrení, napr. pestovanie hustosiatych plodín na erózne ploche, zmena ornej pôdy na trvalú kultúru, alebo iného opatrenia v podobe ochranných vegetačných pásov a pod. na konkrétnych lokalitách. Implementácia protieróznych opatrení v presnom poľnohospodárstve by mala byť podľa autorov Petlušová a kol. (2016) prioritou pre zachovanie pôdy a jej potenciálu. Jednou z možností eliminácie vodnej erózie spôsobenej antropogénnou činnosťou je správne hospodárenie, pri ktorom sa dodržiavajú ochranné opatrenia. Správnou voľbou kombinácie vybraných skupín protieróznych opatrení a prispôbením sa spoločensko-ekonomickým požiadavkám je možné tento stav postupne dosiahnuť.

* * *

Význam využitia kombinácie rôznych metód výskumu erózných procesov v krajine predstavuje vhodný nástroj v precíznom poľnohospodárstve. Cenným podkladom pri riadení presnej poľnohospodárskej výroby sú nesporne aktuálne ortofotomapy a digitálne modely terénu. Poskytujú vizuálnu, ale aj geomorfologickú informáciu o území. Presná lokalizácia eróziou ohrozených plôch s možnosťou návrhu adekvátnej protieróznej ochrany pôdy zodpovedá princípom Spoločnej poľnohospodárskej politiky EÚ. Poľnohospodári musia dodržiavať dobré poľnohospodárske a environmentálne podmienky GAEC (*Good Agricultural and Environmental Conditions*), ktoré sú spojené s priamou podporou ich príjmov. GAEC, týkajúce sa pôdy prijaté pre plánovacie obdobie EÚ 2014 – 2020, vypracované za účelom ochrániť pôdu pred eróziou pomocou vhodných opatrení v sebe zahŕňajú štandardy, ktoré by sa mali dodržiavať. V praxi sa však ukázal opak. Napriek tomu, že v poľnohospodárstve dochádza k znižovaniu úrod, poškodzovaniu pôdy, krajiny, životného prostredia a iného majetku, znižovaniu zisku z hospodárenia sa štandardy málokde dodržiavajú. Presná lokalizácia eróziou ohrozených plôch umožní, že poľnohospodár investuje do ochrany pôdy menej, ako keď sa pokúša zabezpečiť ochranu na celom pôdnom bloku, čo častokrát vedie k neefektívnej strate energie a finančných prostriedkov. Dochádza tak k zvyšovaniu nákladov celej spoločnosti. Zvyšujú sa náklady na technické úpravy územia, opravu infraštruktúr a čistenie vody. Presné poľnohospodárstvo optimalizuje výkon a dokáže lepšie riadiť náklady na produkciu.

Príspevok vznikol s podporou projektu APVV-17-0377 Hodnotenie novodobých zmien a vývojových trendov poľnohospodárskej krajiny Slovenska a projektu KEGA 025UKF-4/2019 Erózne-akumulačné procesy ako limitujúci faktor využívania poľnohospodárskej krajiny

Podakovanie: Autori vyslovujú podakovanie Mgr. Tomášovi Rusňákovi, PhD z Ústavu krajinnej ekológie SAV a Ing. Jozefovi Sedláčkovi, Ph.D. z Ústavu plánovania krajiny ZF

MENDELU v Brne, za nasnímanie dát UAS technológiou a ich spracovanie.

Literatúra

- Juráni B., Šurina B.: Využitie fotointerpretácie pre pôdne mapovanie v podmienkach Slovenska, Vedecké práce VÚPÚ 6, Bratislava: VÚPOP, 1973, s. 129 – 146.
- Fulajtár, E.: Identification of severely eroded soils from remote sensing data tested in Rišňovce and Levice Pilot Areas. Vedecké práce VÚPÚ 18, Bratislava: VÚPOP, 1998, s. 27 - 54.
- Fulajtár, E.: Identification of severely eroded soils from remote sensing data tested in Rišňovce, Slovakia. In: Stott, D., E., Mohr, R., H., Steinardt, G., C. (eds): Sustaining the Global Farm, Selected papers from the 10th International Soil Conservation Organisation Meeting in West Lafayette, ISCO-USDA-NSERL-PU, 1999, p. 1075 – 1082.
- Fulajtár, E., Janský, L.: Vodná erózia pôdy a protierózna ochrana. Bratislava: VÚPOP, 2001, 310 s.
- Fulajtár, E., Hrabovská, B., Saksá, M., Sviček, M., Kováčiková, I., Morávek, A.: Hodnotenie leteckých a družicových snímkov z hľadiska využiteľnosti pre mapovanie erózie pôdy na príklade skúšobného územia v Rišňovciach. Vedecké práce VÚPOP. Bratislava: VÚPOP, 2013, 35, s. 41 – 64.
- Kollárová, M.: Indikátory erózie pôdy a zmena vlastností erodovaných pôd sprašových pahorkatín. In: Klikušovská, Z., Sviček, M. (eds.) Environmentálne indexy, agroenvironmentálne opatrenia a ekosystémové služby v krajine. Zborník z vedeckého seminára. Bratislava: VÚPOP, 2013, s. 21 – 28.
- Lieskovský, J., Kenderessy, P.: Modelling the Effect of Vegetation Cover and Different Tillage Practices on Soil Erosion in Vineyards: a Case Study in Vrábľa (Slovakia) Using WATEM/SEDEM. Land Degradation Development, 2014, 25, p. 288 – 296.
- Midriak, R., Petráš, J.: Mapovanie a skúmanie deštrukcie a ochrany pôdy nad hornou hranicou lesa fotogrametrickými metódami. Lesnícky časopis, 1972, 18, 3, s. 255 - 267.
- Petlušová, V., Petluš, P., Hreško, J.: Identifikácia procesov vodnej erózie v poľnohospodárskej krajine. Nitra: UKF, 2016, s. 98.
- Petráš, J., Midriak, R.: Využitie fotogrametrických metód pri sledovaní erózných procesov. Protierózna ochrana pôdy, Zborník PS ČSVTS, Trnava, 1980, s. 156 – 163.
- Rataj, V., Galambošová, J., Macák, M., Nozdrovický, L.: Presné poľnohospodárstvo. Systém – Stroje – Skúsenosti. Praha: Profi Press s. r. o., 2014, 160 s.
- Smetanová, A.: Vplyv poľnohospodárskej aktivity na reliéf nížinných sprašových pahorkatín (prehľad doterajších výskumov). Acta Geographica Universitatis Comenianae, 2011, 55, 2, s. 265 – 281.
- Šúri, M.: Analýza a hodnotenie možností využitia diaľkového prieskumu Zeme vo výskume erózie pôdy. In: Geografický časopis 48, 1, 1996. s. 73 – 90.
- Wischmeier, W., H., Smith, D., D.: Predicting rainfall erosion losses. Maryland: SEA USDA, Hystaville, 1978, p. 58.

Ing. Viera Petlušová, PhD., vpetlusova@ukf.sk

RNDr. Peter Petluš, PhD., ppetlus@ukf.sk

Mgr. Ing. Marek Moravčík, marek.moravcik@ukf.sk

Mgr. Gabriel Bugár, PhD., gbugar@ukf.sk

Katedra ekológie a environmentalistiky Fakulta prírodných vied Univerzita Konštantína Filozofa, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra