

Detekcia výmoľovej erózie metódou globálnych navigačných satelitných systémov v lokalite Myjava – Turá Lúka

MICHAELA DANÁČOVÁ, MILICA ALEKSIĆ, MATÚŠ TOMAŠČÍK, ANNA LIOVÁ, ROMAN VÝLETA

Kľúčové slová: výmoľová erózia – monitoring – globálne navigačné satelitné systémy (GNSS)

SOUHRN

V rámci príspevku sú prezentované čiastkové výsledky štúdie zameranej na monitorovanie erózneho výmoľa v povodí vodného toku Myjava, ktorá preukázala dynamiku zmien a vývoja erózneho výmoľa v lokalite Turá Lúka, a to pomocou rôznych mapovacích techník použitých od roku 2014 až doposiaľ. Zo štúdie vyplýva, že výber mapovacej techniky závisí od viacerých kritérií a účelu úlohy, kde každá z nich má svoje výhody aj nevýhody. V prípade stanovenia parametrov erózneho výmoľa (objem, dĺžka a poloha) je vhodné plošné mapovanie technológiou terestrického laserového skenovania alebo využitia lietadiel bez posádky, teda zberu údajov, ktorého výsledkom je mračno bodov. Pre hodnotenie výmoľovej erózie v priečných profiloch, zložitejších úsekoch, prípadne v miestach vybudovaných protieróznych a stabilizačných prehrádzok vo výmoľe je postačujúce meranie pomocou globálnych navigačných satelitných systémov (GNSS) použitím GPS prístroja. Tento predpoklad sa podarilo potvrdiť na základe výsledkov z terénnych meraní erózneho výmoľa technológiou GNSS v období 2017–2021. Hodnotenie výsledkov je uvedené v tomto príspevku. Daný spôsob mapovania erózneho výmoľa bol vybraný pre potrebu podrobného profilového hodnotenia v minulosti už identifikovaných kritických úsekoch (priečných profiloch) monitorovanej eróznej formy na základe prieskumu v teréne a z plošného skenovania, ako aj z dôvodu jednoduchého spracovania údajov. Nenáročnosť tejto metódy vzhľadom na typ úlohy, personálne obsadenie, časovú náročnosť a objem údajov predurčuje a potvrdzuje vhodnosť jej výberu pre použitie v danej problematike. Dôležitou požiadavkou pri výbere tejto meracej techniky je bezproblémový prístup k miestu merania a prijímaný signál z družíc GPS prístrojom ovplyvňujúci presnosť merania vzhľadom na okolitú vegetáciu. Dostatočným testovaním a porovnaním dostupných mapovacích techník je možné účelne a reálne zvoliť vhodnú efektívnu technológiu pre monitorovanie erózných foriem v krajine pre vopred predefinovaný účel. Príspevky tohto typu pomôžu riešiteľom podobných úloh v rozhodovaní pri výbere technológie mapovania krajiny.

ÚVOD

Erózia pôdy v prípustnej forme je prirodzený proces vyskytujúci sa v krajine, ale z pohľadu dlhodobého negatívneho efektu na produkčnú schopnosť pôdy je potrebné brať tento typ degradácie pôdy ako významnú environmentálnu hrozbu [1]. Napriek tomu sa častokrát neuvážanou antropogénnou činnosťou v krajine prispieva k zvýšeniu erodovateľnosti pôdy [2]. K najvýznamnejším

environmentálnym degradačným rizikám negatívne vplyvujúcim na zhoršovanie základných pôdných parametrov a pôdných funkcií na Slovensku patrí vodná erózia. Práve jej neprípustná alebo zrýchlená forma na poľnohospodárskych pôdach nielenže výrazne ovplyvňuje produkčnú, ako aj mimoprodukčnú funkciu pôd, ale má aj vysoký potenciál ohrozovať intravilán obytných území v podobe bleskových bahenných povodní. Tie sú spôsobené extrémnymi zrážkami dopadajúcimi na relatívne malú plochu územia za krátky čas, kedy vzniká sústredený povrchový odtok a odnos pôdných častíc z vyššie položených poľnohospodárskych území do území z nižšou nadmorskou výškou. Takýmto rozrušovaním pôdneho profilu sú vytvárané na zemskom povrchu zárezy (ryhy a výmoľe), ktoré majú tendenciu postupne sa prehĺbovať. Okrem určujúcich vlastností reliéfu z hľadiska erózie pôdy, teda prispievajúcej plochy a sklonitostných pomerov, podmieňujú koncentráciu povrchového odtoku mnohokrát aj spádnicovo a šikmo orientované poľné cesty, rozhrania medzi poliami a brázdy po kolesách poľnohospodárskych strojov [3]. Dôsledkom zrýchleného, sústredného odtoku a erózných procesov je existencia a intenzívna tvorba dočasných alebo trvalých erózných rýh a výmoľov. Pre potrebu riešenia výmoľovej erózie je nevyhnutné stanovenie jej lokalizácie, meranie a monitorovanie vývoja jej zmien a dynamiky pre návrh eliminačných alebo stabilizačných opatrení.

Na účely modelovania [4, 5] a monitorovania prírodných eróžno-transportných procesov a ich prvkov v krajine [6–9] sa v súčasnosti využívajú moderné vyspelé technológie, ktoré sú spojené s experimentálnou prácou v teréne a zberom údajov. Medzi progresívne monitorovacie techniky patrí najmä terestrické laserové skenovanie (známe pod skratkou TLS – z angl. Terrestrial Laser Scanning), letecké laserové skenovanie (známe pod skratkou LIDAR – z angl. Light Detection And Ranging) a využitie lietadiel bez posádky alebo dronov (známe pod skratkou UAV – z angl. Unmanned Aerial Vehicle). Umožňujú v pomerne krátkom čase, na relatívne veľkých plochách a bez potreby terénnych úprav získať informácie o type využitia krajiny, morfológii a vlastnostiach vegetačnej pokrývky [10–13]. V niektorých prípadoch je však použitie týchto technológií nepraktické a nemožno ich len tak jednoducho aplikovať, či už vzhľadom na lokalizáciu erózneho prvku v krajine (ryhy alebo výmoľa), jeho rozmery, prípadne vegetačná pokrývka. Na získavanie a zber priestorových údajov týchto plošných a líniových nežiaducich foriem erózie pôdy vtedy možno použiť klasické spôsoby a meracie techniky ako geodetické merania (tachymetria) alebo metódy globálnych navigačných satelitných systémov (známe pod skratkou GNSS – z angl. Global Navigation Satellite System).

Cieľom príspevku je vo forme príkladovej štúdie zosumarizovať poznatky i výsledky z terénnych meraní a analyzovať výskyt i dynamiku vývoja erózneho výmoľa v jeho kritických úsekoch (pričných profiloch) v rámci lokality Myjava – Turá Lúka pomocou kontinuálnych dlhodobých meraní (za obdobie rokov 2014–2021) realizovaných technológiou GNSS.

ZÁUJMOVÉ ÚZEMIE

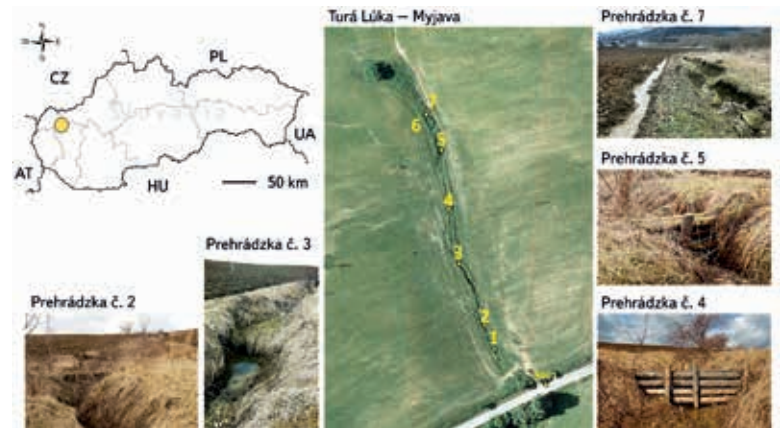
Oblasť Myjavskej pahorkatiny sa rozprestiera na západnom Slovensku a vyznačuje sa značným výskytom erózných rýh a výmoľov, ktorých vznik sa spája s kopaničiarskou kolonizáciou sprevádzanou vo veľkej miere odlesňovaním územia a jeho následným využitím pre poľnohospodársku činnosť. Členitosť terénu, výrazné sklonitostné pomery, veľkoblukové obrábanie pôdy a špecifické využitie územia (najmä poľnohospodársky využívané svahy) vytvárajú ideálne podmienky na tvorbu eróžno-transportných a odtokových procesov, ktoré zapríčiňujú vznik škodlivej formy erózie pôdy (erózných rýh a výmoľov).

Monitorovaný erózný výmoľ je situovaný na poľnohospodársky využívanom svahu v blízkosti mestskej časti Turá Lúka – Myjava. Výskumná plocha svahu má rozlohu 0,3 km² v pásme flyšu s vápencovými blokmi Bielych Karpát a nachádza sa v geomorfologickom celku Myjavskej pahorkatiny. Z pedologického hľadiska tu dominujú predovšetkým kambizeme. Z hľadiska klimatických pomerov patrí územie do mierne teplého, vlhkého územia s chladnou až studenou zimou, s priemerným ročným úhrnom zrážok 600–700 mm a s priemernou ročnou teplotou vzduchu 8 °C. Z hydrologického hľadiska je územie ohrozené najmä v letnom (najvyššie zrážky boli zaznamenané v mesiacoch máj – júl) a v zimno-jarnom období pri topení snehu a zrážok. Kombinácia hydrometeorologických podmienok, reliéfu, využívania územia a nízkej priepustnosti podložia prispieva k vývoju erózneho výmoľa v tomto území. V súčasnosti je dĺžka výmoľa približne 300 m a jeho priemerný pozdĺžny sklon je 10 %. V [14] na podkladoch vojenského mapovania identifikovali výskyt tejto eróznej formy v záujmovom území už v 19. storočí. V 90. rokoch minulého storočia bol erózný výmoľ zasypaný zeminou a následne bolo územie využívané na agrárne účely. Časom pod vplyvom výdatných zrážok a topenia snehu v členitom teréne bola opätovne vytvorená erózna rýha v spádnicu veľkorozmerného poľnohospodársky využívaného svahu, ktorá mala tendenciu sa zväčšovať do formy výmoľa. Vzhľadom na vývoj v čase a parametre (dĺžka a hĺbka) erózneho výmoľa ho nebolo možné už obrábať, následne na to bol klasifikovaný ako permanentný. Výmoľ sa nechal zarásť náletovými drevinami a trvalým trávnaým porastom (na podporu jeho stabilizácie) a bol vyňatý z potrieb pre poľnohospodárke účely (obr. 1).

Pre výskyt bahenných povodní po privalových letných dažďoch a v čase jarného topenia snehu, kedy extrémny povrchový odtok spolu s erodovaným materiálom spôsobil zanášanie cestnej komunikácie a obydľí, bol v roku 2010 erózný výmoľ zaradený do projektu „Program revitalizácie krajiny a integrovaného manažmentu povodí SR“. Počas realizácie tohto projektu bolo vybudovaných vo výmoľe 7 malých drevených prehrádzok ako forma protieróznych a stabilizačných opatrení (obr. 1).

MATERIÁL A METÓDY

Monitorovanie lokality erózneho výmoľa v lokalite Myjava – Turá Lúka bolo úzko späté so zahraničným projektom 7. RP EÚ RECARE (2014–2019), ktorého výsledky boli použité pri tvorbe legislatívy EÚ zameranej na ochranu pôdy a zabezpečenie udržateľného poľnohospodárstva a potravinovej bezpečnosti. Na meranie erózneho výmoľa bolo aplikovaných viacero mapovacích techník (obdobie 2014–2021), kde ich výber závisel od dostupnosti, časovej náročnosti, presnosti merania, ale aj podmienok vyplývajúcich z ročného obdobia počas terénnych meraní a výskytu vegetačnej pokrývky. Terénne merania sa vykonávali minimálne raz ročne a pokračujú sa s jeho monitorovaním až doposiaľ.



Obr. 1. Lokalizácia záujmového územia monitorovaného erózneho výmoľa so 7 drevenými stabilizačnými prehrádzkami

Fig. 1. Location of the study region of the erosion gully with 7 small wooden check dams



Obr. 2. Fotodokumentácia z merania erózneho výmoľa pomocou technológie GNSS v období rokov 2017–2021

Fig. 2. The photo documentation of the erosion gully using GNSS technology from 2017–2021

V roku 2014 bolo záujmové územie mapované UAV technológiou, kedy bolo použité lietadlo bez posádky typu Gatewing X100 s pevnými krídlami. V jarnom období, v rokoch 2015 a 2016 bol erózný výmoľ podrobne meraný technológiou TLS, kedy bol použitý 3D laserový skener typu Trimble TX5 s presnosťou fázo-vého zamerania vzdialenosti 2 mm/25 m. Aplikácia týchto moderných vyspe-lých technológií pre mapovanie krajiny bola spojená nielen s plánovaním a prípravou merania, zberom bodových údajov v teréne a experimentálnou prácou, ale aj následným spracovaním meraných údajov a v neposlednom rade s analýzou výsledkov s vyhodnotením geomorfologických charakteristík daného územia. Čiastkové výsledky z týchto meraní boli priebežne publikované [15].

Použitie moderných mapovacích technológií pre monitoring erózneho prvku v krajine si vyžaduje mať zemský povrch z veľkej časti upravený od rozsiahlej vegetácie (napr. trávnaým porast, kroviny a náletové dreviny), čo je personálne a časovo náročné. Od roku 2017 bol teda erózný výmoľ monitorovaný

iba technológiou GNSS, prístrojom Leica Systém GS15 GNSS s pripojením na službu SKPOS (generuje tzv. sieťové korekcie geodetických súradníc v reálnom čase), práve kvôli výskytu rozvinutej vegetácie v ňom. Táto technológia je nenáročná na spracovanie meraných údajov, avšak ich zber je podmienený potrebou tvorby bodového poľa, teda hustotou bodov, kde každý bod má presnú horizontálnu a vertikálnu polohu. Na obr. 2 je zobrazený stav vegetácie v čase merania zmien erózneho výmoľa v období rokov 2017–2021.

VÝSLEDKY

V minulosti sa podľa [16] kategorizovala výmoľová erózia na základe zistenia základných parametrov výmoľa (dĺžka, sklon, priemerná hĺbka a šírka). Tieto parametre boli vo väčšine určované v rovnomerne rozmiestnených priečných profiloch. V prípade erózneho výmoľa bolo teda monitorovanie zamerané na určenie jeho dna, resp. osi (hlavnej línie) a hrán vo vybraných 20 priečných



Obr. 3. Poloha monitorovaných 20 priečných profilov v eróznom výmoľe: čierna šípka označuje 9 vybraných analyzovaných profilov (zdroj podkladu: GKÚ Bratislava, NLC, 2019)
Fig. 3. Location of the 20 transverse profiles in the gully erosion: the black arrow shows 9 selected profiles (base map: GKÚ Bratislava, NLC, 2019)

profiloch po jeho celej dĺžke (obr. 3). Dôvodom bolo zistenie geomorfologických zmien výmoľa v miestach, kde bolo preukázané zanášanie erodovaným sedimentom z vyššie položených území.

Informácia o dátume merania, ako aj počte zameraných bodov, je uvedená v tab. 1.

Tab. 1. Prehľad počtu meraných bodov v profiloch erózneho výmoľa pomocou technológie GNSS v období rokov 2017–2021

Tab. 1. The overview of the measured points in the profiles of erosion gully with the use of GNSS from 2017–2021

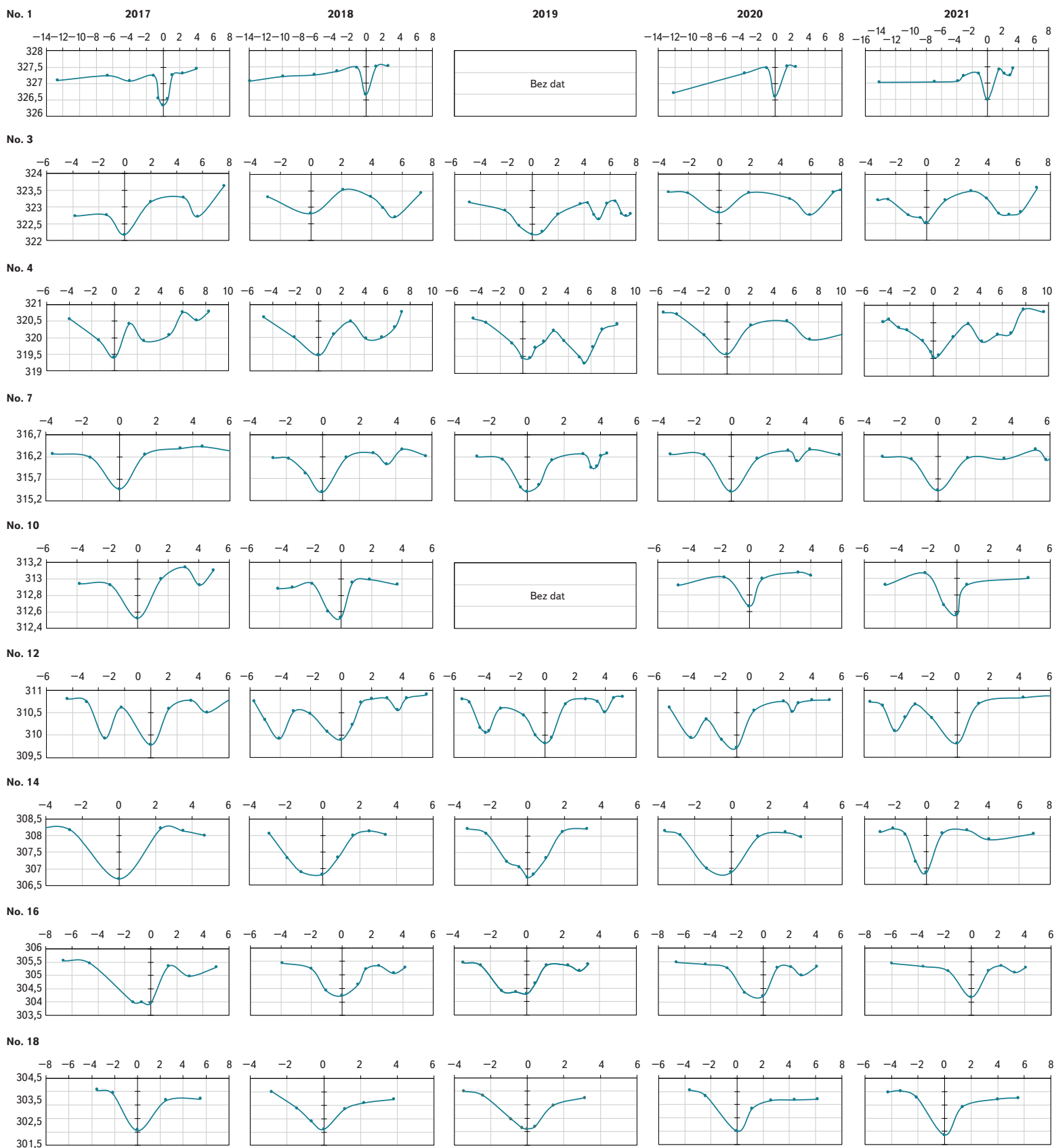
Rok/mesiac	Bodové pole
2017/08	191 bodov
2018/06	248 bodov
2019/04	164 bodov
2020/07	153 bodov
2021/11	210 bodov

V [17] bola prehodnotená účinnosť protieróznych opatrení v profiloch priamo pred 7 malými drevenými prehrádzkami za obdobie 2014–2017 (obr. 1), a neskôr boli aktualizované a doplnené v [18]. K zmenám geomorfológie dochádza pozdĺž celého výmoľa, a to aj mimo týchto prehrádzok. Z tohto dôvodu bola v príspevku analýza zmien výmoľa zameraná v miestach vybraných, čiastočne rovnomerne rozdelených priečných profilov bez ohľadu od polohy prehrádzok (obr. 3). Od roku 2017 je celkovo bodovo zameriavaných 20 priečných profilov pomocou Leica Systém GS15 GNSS, ale posledné 2 roky (rok 2020–2021) už iba 18 profilov. Profily 19 a 20 boli vyčlenené z monitorovania, a to z dôvodu ich úplného zanesenia transportovaným sedimentom a kvôli čoraz hustejšiemu výskytu vegetácie a drevín. Problémom je prístup k miestu merania a samotné tienenie vegetácie, kde vo väčšine prípadov dochádza k strate signálu s družicami (satelitom), čím sa výrazne zvyšuje nepresnosť merania. V takom prípade ostáva možnosť zmerať tieto priečne profily pomocou totálnej geodetickej stanice. Táto metóda merania však nebola aplikovaná.

Pre účel hodnotenia stavu erózneho výmoľa bolo vybraných 9 priečných profilov, konkrétne profil 1, 3, 4, 7, 10, 12, 14, 16 a 18 (obr. 3). Ich grafické zobrazenie je uvedené na obr. 4. Vo výsledkoch a porovnaníach nie sú uvedené profily 1 a 10 (pre rok 2019, označené ako NO DATA), pretože neboli zamerané z dôvodu nepriaznivého počasia a prístupu k miestu merania, resp. straty signálu s družicami.

Niektoré profily nemohli byť zaradené kvôli nie úplne identickej línii merania v jednotlivých rokoch. A tak pre zhoršenú možnosť korektného hodnotenia vývoja zmeny morfológie erózneho výmoľa boli vyradené. Už po vizuálnej stránke možno rozhodnúť, že v záhlaví, teda najvrchnejšej časti výmoľa, sa prejavili očakávané menšie zmeny. V tejto najširšej časti výmoľa sa nachádzajú pomerne malé hĺbky a popri ňom niekoľko menších rýh. Zmeny menšieho rozsahu sú spôsobené aj vzhľadom na nižší sklon tejto časti výmoľa, ako aj na menšiu odtokovú plochu. Nad záhlavím výmoľa sa počas roka objavuje voda nad povrchom terénu. Zhruba 80 m od záhlavia erózneho výmoľa, t. j. od profilu 4, dosahuje výmoľ hĺbku už viac ako 1 m. Z grafického zobrazenia priečného profilu meraného v roku 2019 je vidieť, že má iný priebeh. Dôvodom je nezachovanie smeru línie meraných bodov v profile 4, ako tomu bolo v ostatných rokoch. Následkom čoho bol tento rok vylúčený z celkového porovnania tvaru a parametrov výmoľa v tomto profile. V strednej časti výmoľa (profil 7 až 14), v úseku na dĺžke výmoľa 100–190 m, sa neprejavila zmena najhlbšej časti, teda osi hlavného výmoľa. Pohybuje sa medzi 1,5–2 m, avšak zmena tvaru, resp. tvorba vedľajších efemérnych (dočasných) rýh, sa prejavila až v profile 12. V tomto úseku

Rok merania bodov v priečných profiloch erózneho výmoľa



Obr. 4. Vybrané hodnotené priečné profily erózneho výmoľa merané pomocou technológie GNSS za obdobie rokov 2017–2021

Fig. 4. Selected transverse profiles of erosion gully measured using GNSS technology from 2017–2021

sú najvyššie sklonitostné pomery, ktoré dosahujú sklony až 20 %. V dolnej časti erózneho výmoľa (porovnanie profilov 16 až 18) možno pozorovať zanášanie transportovanými časticami. Pre podrobnejšiu analýzu výmoľovej erózie v tejto lokalite by bolo potrebné realizovať opäť meranie modernými technológiami (UAV alebo TLS), ako tomu bolo v rokoch 2014–2016, alebo použiť techniku GNSS s oveľa väčším počtom bodových meraní, čo je výrazne časovo náročnejšie.

ZÁVERY A DISKUSIA

V príspevku sú spracované výsledky z terénnych meraní erózneho výmoľa z obdobia 2017–2021 nachádzajúceho sa v lokalite Myjava – Turá Lúka. Na analýzu výmoľovej erózie bolo vybraných 9 priečných profilov rozmiestnených pozdĺž erózneho výmoľa, ktorých body boli merané pomocou technológie GNSS. Ich hodnotenie spočívalo v porovnaní tvaru priečného profilu, zmene maximálnej hĺbky, čím sa môže zistiť ich prehlbovanie (zarezávanie), zanášanie dna alebo erózia, resp. zosuv bočných svahov výmoľa. Efektívnosť merania sa považuje za jednu z hlavných výhod tejto metódy, pretože meranie a následné vyhodnotenie bodov určujúcich zmenu tvaru erózneho výmoľa dokáže zabezpečiť čo i len jedna osoba.

Je potrebné však dbať na meranie bodov v rovnakej línii profilu, aby bolo možné ich korektné porovnanie.

Vyhodnotenie výsledkov terénnych meraní potvrdilo, že horná časť erózneho výmoľa má zložitejší tvar, nedochádza tu však k výraznejšej zmene hĺbky ani tvaru, vzhľadom na výrazný výskyt vegetácie. V strednej časti boli zaznamenané mierne zmeny v horizontálnom, ako aj vertikálnom smere, pričom k najvýraznejším zmenám dochádza v profiloch nachádzajúcich sa v spodnej časti erózneho výmoľa, kde sa aj očakávalo ich zanášanie. Na základe dlhodobého monitorovania erózneho výmoľa je možné prehodnotiť aktuálne stabilizačné opatrenia, ako aj možnosť implementovania ďalších ochranných a stabilizačných opatrení na zníženie erózne-transportných a odtokových procesov v danej lokalite. Z tohto dôvodu je monitorovanie erózneho výmoľa opodstatnené a malo by pokračovať aj v ďalšom období, s prihliadnutím aj na prípadný vplyv klimatickej zmeny v podobe výskytu extrémnejších privalových zrážok. Každé zhruba 2–3 roky by bolo vhodné podrobnejšie meranie (napr. technológiou UAV alebo TLS) v jarom období kvôli ešte nerozvinutej rozsiahlej vegetácii, ako tomu bolo v rokoch 2014–2016. Tým by bolo zabezpečené hodnotenie polohy línie dna (osi výmoľa), dĺžky výmoľa a jeho objem. Bodové meranie v mieste profilov pred prehrádzkami a vybraných priečných profilov je postačujúce raz do roka. Na druhú stranu, existuje viacero možností terénneho mapovania a nemožno opomenúť, že v súčasnosti sú verejne dostupné aj priestorové údaje získané z laserového leteckého skenovania (LIDAR), ÚGKK SR. Údaje pochádzajúce z tohto zdroja by bolo v budúcnosti taktiež možné využiť pri tomto type úloh, pričom by bolo zaujímavé ich porovnanie s terénnymi meraniami.

Podakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-19-0340 a APVV-18-0347. Taktiež bola spracovaná aj vďaka finančnej podpore grantového projektu VEGA 1/0632/19.

Literatúra

- [1] LABUDA, M. Hodnotenie recentného stavu mimoprodukčných funkcií poľnohospodárstva (modelový príklad). *Acta Environmentalica Universitatis Comenianae* (Bratislava). 2009, 17(1), s. 53–70 ISSN 1335-0285.
- [2] STANKOVIANSKY, M. *Geomorfologická odozva environmentálnych zmien na území Myjavskej pahorkatiny*. Bratislava: UK, 2003. 152 s.
- [3] STANKOVIANSKY, M. Vplyv dlhodobého obrábania pôdy na vývoj slovenských Karpát. *Acta Geographica Universitatis Comenianae*. 2008, 50, s. 95–116.
- [4] NĚMETOVÁ, Z., HONEK, D., KOHNOVÁ, S., HLAVČOVÁ, K., ŠULC MICHÁLKOVÁ, M., SOČUVKA, V., VELÍSKOVÁ, Y. Validation of the EROSION-3D Model through Measured Bathymetric Sediments. *Water*. 2020, 12(4), s. 1082. ISSN 2073-4441.
- [5] MEINEN, B. U., ROBINSON, D. T. Agricultural Erosion Modelling: Evaluating USLE and WEPP Field-Scale Erosion Estimates Using UAV Time-Series Data. *Environmental Modelling & Software*. 2021, 137, 104962. ISSN 1364-8152. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.104962>
- [6] WELLS, R. R., MOMM, H. G., BENNETT, S. J., GESCH, K. R., DABNEY, S. M., CRUSE, R., WILSON, G. V. A Measurement Method for Rill and Ephemeral Gully Erosion Assessments. *Soil Science Society of America Journal*. 2016, 80(1), s. 203–214.
- [7] HLAVČOVÁ, K., DANÁČOVÁ, M., KOHNOVÁ, S., SZOLGAY, J., VALENT, P., VÝLETA, R. Estimating the Effectiveness of Crop Management on Reducing Flood Risk and Sediment Transport on Hilly Agricultural Land – A Myjava Case Study, Slovakia. *CATENA*. 2019, 172, s. 678–690. Dostupné z: doi: 10.1016/j.catena.2018.09.027
- [8] VALENT, P., VÝLETA, R., DANÁČOVÁ, M. A Joint Sedimentation-Flood Retention Assessment of a Small Water Reservoir in Slovakia: A New Hope for Old Reservoirs? *Geosciences*. 2019, 9(4), s. 158. Dostupné z: doi: 10.3390/geosciences9040158
- [9] DOUGLAS-MANKIN, K. R., ROY, S. K., SHESHUKOV, A. Y., BISWAS, A., GHARABAGHI, B., BINNS, A., RUDRA, R., SHRESTHA, N. K., DAGGUPATI, P. A Comprehensive Review of Ephemeral Gully Erosion Models. *CATENA*. 2020, 195, 104901. ISSN 0341-8162. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104901>
- [10] CASTILLO, C., PÉREZ, P., JAMES, M. R., QUINTON, J. N., TAGUAS, E. V., GÓMEZ, J. A. Comparing the Accuracy of Several Field Methods for Measuring Gully Erosion. *Soil Science Society of America Journal*. 2012, 76, s. 1319–1332.
- [11] ELTNER, A., MULSOW, C. A., MAAS, H.-G. Quantitative Measurement of Soil Erosion from TLS and UAV Data. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2013, XL-1/W2, 119–124.
- [12] NEUGIRG, F., KAISER, A., SCHMIDT, J., BECHT, M., HAAS, F. Quantification, Analysis and Modelling of Soil Erosion on Steep Slopes Using LIDAR and UAV Photographs. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*. 2015, 367, s. 51–58.
- [13] UYSAL, M., TOPRAK, A. S., POLAT, N. DEM Generation with UAV Photogrammetry and Accuracy Analysis in Sahitler Hill. *Measurement*. 2015, 73, s. 539–543.
- [14] DANÁČOVÁ, M., NOSKO, R., VÝLETA, R., KARABOVÁ, B., SZOLGAY, J. Possibilities of Estimating the Gully Erosion Changes on the Myjava Basin. *Acta Hydrologica Slovaca*. 2015, 16, TC 1, s. 167–175.
- [15] NOSKO, R., VÝLETA, R., FRAŠTIA, M., ŠKRINÁR, A., DANÁČOVÁ, M. Estimation of Changes in Erosion Gully on a Hillslope. In: *SGEM 2016. 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference. Book 3. Water Resources, Forest, Marine and Ocean Ecosystems: Conference Proceedings. Extended Scientific Sessions. Vienna, Austria, 2–5 November 2016*. 1. vyd. Sofia: STEF 92 Technology, 2016, s. 95–102. ISSN 1314-2704.
- [16] ZACHAR, D. *Erózia pôdy*. Bratislava: Vydavateľstvo SAV, 1970. 528 s.
- [17] NOSKO, R., VÝLETA, R., MALIARIKOVÁ, M., DANÁČOVÁ, M. Monitoring of the Gully Erosion Technical Measures Efficiency through the Use of Modern Technologies. *Acta Hydrologica Slovaca*. 2018, 19(1), s. 84–92.
- [18] DANÁČOVÁ, M., VÝLETA, R., ALEKSIĆ, M., MALIARIKOVÁ, M., NOSKO, R. Comparing Changes over Time: The Permanent Gully Erosion on the Myjava Hill Lands (Slovakia). In: *Public Recreation and Landscape Protection – with Sense Hand in Hand: Conference Proceedings. 10th–11th May 2021*. (on-line). 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita, 2021, s. 84–88. ISSN 2336-6311. ISBN 978-80-7509-779-8.

Autoři

doc. Ing. Michaela Danáčová, PhD.

✉ michaela.danacova@stuba.sk

ORCID: 0000-0002-5789-5365

Ing. Milica Aleksić

✉ milica.aleksic@stuba.sk

ORCID: 0000-0001-6332-0851

Ing. Matúš Tomaščík

✉ matus.tomascik@stuba.sk

ORCID: 0000-0001-7650-4211

Ing. Anna Liová

✉ anna.liova@stuba.sk

ORCID: 0000-0002-7165-2378

Ing. Roman Výleta, PhD.

✉ roman.vyleta@stuba.sk

ORCID: 0000-0002-4594-2515

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta,
Katedra vodného hospodárstva krajiny

Příspěvek prošel lektorským řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2022.01.005

DETECTION OF GULLY EROSION USING THE METHOD OF GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS IN THE MYJAVA – TURÁ LÚKA LOCATION

DANÁČOVÁ, M.; ALEKSIĆ, M.; TOMAŠČÍK, M.; LIOVÁ, A.; VÝLETA, R.

Slovak University of Technology in Bratislava, Faculty of Civil Engineering,
Department of Land and Water Resources Management

Keywords: gully erosion – monitoring –
Global Navigation Satellite Systems (GNSS)

This paper shows the partial outcomes of the study focused on monitoring gully erosion near the Myjava river basin. The study showed the progress of the dynamic changes in gully erosion in the location of Turá Lúka using various surveying techniques from the year 2014 until the present. The study shows that selection of the surveying technique depends on various criteria and the aim of the task, where each possesses advantages and disadvantages. In the case of determination of the parameters of the gully erosion (volume, length, and position), one of the suitable surveying techniques is Terrestrial Laser Scanning (TLS) as well as Unmanned Aerial Vehicle (UAV) method, which results in a point cloud. Measurement using Global Navigation Satellite Systems (GNSS) with a GPS device is sufficient for assessing gully erosion in transverse profiles, more complex sections, or in places with built anti-erosion and stabilization dams in a gully. This assumption was confirmed based on results from field measurements of erosion gully by GNSS technology in 2017–2021. The evaluation of the results is given in this article. The given method of mapping the erosion gully was chosen for the need for detailed profile evaluation of previously identified critical sections (transverse profiles) of the monitored erosion form based on field surveying and area scanning and for simple data processing. The simplicity of this method due to the type of task, staffing, time, and volume of data predetermines and confirms the suitability of its selection for use under the given circumstances. When choosing this measuring technique, a requirement is easy access to the measuring point and the quality signal received from the satellites by GPS devices influencing the accuracy of the measurement concerning the surrounding vegetation. Sufficient testing and comparison of available surveying techniques make it possible to efficiently and realistically select a suitable effective technology for monitoring erosive forms in the landscape for a predefined purpose. Contributions of this type will help researchers of similar tasks in decision-making when choosing the most suitable landscape surveying technology.