

# VPLYV PROTIERÓZNYCH OPATRENÍ NA VODNÚ ERÓZIU A TRANSPORT SEDIMENTOV V K. Ú. OBCE SOBOTIŠTE

EFFECT OF EROSION CONTROL PROTECTIONS ON WATER EROSION AND SEDIMENT TRANSPORT IN THE VILLAGE OF SOBOTIŠTE

Ing. Roman Výleta, Ph.D.; Ing. Miroslav Celler; Ing. Michaela Danáčová, Ph.D.

## ABSTRAKT

Predložená práca sa zaoberá posúdením účinnosti protieróznych a protipovodňových opatrení v obci Sobotište, lokalita Kubíny. Analýza záchytných vsakovacích priekop určených na ochranu pred vodnou eróziou a bahennými povodňami v tejto lokalite je predmetom záujmu práce, pričom v rámci nej je prioritne určený objem záchytných priekop a ich posúdenie z hľadiska účinnosti. Významný vplyv na výskyt bahenných povodní, erózie ako aj straty pôdy majú vlastnosti samotných priekop, vlastnosti pôdy, klimatické a hydrologické charakteristiky zohľadňujúce pomery v záujmovej lokalite. V lokalite Kubíny je hodnotená strata pôdy vzhľadom na využitie pôdy pre poľnohospodárske účely, prípadne koľko pôdných častíc je transportovaných do priekop vplyvom vodnej erózie. V práci je počítaný povrchový odtok pomocou metódy SCS-CN a veľkosť strát pôdy pomocou univerzálnej rovnice Wischmeier-Smith prostredníctvom GIS v spolupráci s modelom USLE2D.

**Kľúčová slova:** vodná erózia, USLE 2D, záchytné vsakovacie priekopy, metóda CN-kriviek

## ABSTRACT

The paper deals with the assessment of the effectiveness of various soil erosion and flood mitigation measures in the village of Sobotište in the location of Kubíny. The work described in the paper focuses on the analysis of the drainage ditches that are used to protect the area of interest from excessive water erosion and muddy floods, by determining their volume and assessing their effectiveness. The characteristics of these ditches together with the properties of soils, climate and hydrological variables have the biggest impact on the frequency of occurrence of the muddy floods and the extent of soil erosion. Within the area of interest the relationship between the amount of lost soil due to water erosion and the way the agricultural land was used was built as well as the dynamics of the drainage ditches siltation. Within the work the surface runoff was calculated using the SCS-CN method and the soil losses by the universal soil loss equation of Wischmeier-Smith implemented in the GIS environment through the USLE2D model.

**Key words:** water erosion, USLE 2D, level ditches, SCS-CN method

## 1 ÚVOD

V poslednej dobe je ako jeden z najrozšírenejších vplyvov na životné prostredie definovaná erózia pôdy, ktorú nemožno chápať len ako proces ohrozenia pôdy a jej produkčných schopností, ale zároveň je ju potrebné vnímať aj ako celý komplex škodlivých vplyvov, ktoré sa nedajú jednoznačne ohraničiť. Erózia pôdy je dlhodobý závažným celosvetovým problémom, prinajmenšom odvtedy, čo človek začal kultivovať Zem, krajinu, obrábať a využívať poľnohospodársku pôdu.

Pôvodný charakter krajiny na území Slovenska bol výrazne zmenený po politických a spoločenských zmenách v bývalom Československu v r. 1948 a následnou kolektivizáciou, ktorá ovplyvnila vo veľkom pôdnodegradčné procesy. Prispelo k tomu odstránenie prirodzeného rastlinstva, zánik

mozaiky malých políčok, vznik celistvých veľkoplošných laní poľnohospodárskych pôd. Najvýraznejším zásahom bola likvidácia stupňov pôvodných terasových polí, kde pri pohľade na krajinu došlo k vyhladeniu povrchu. Momentálne je na Slovensku najrozšírenejšia vodná erózia, vyskytujúca sa najmä na poľnohospodársky využívaných plochách [6]. Z hľadiska environmentálneho dopadu sú jednou z najzaujímavejších udalostí obrovské prívalové zrážky opakujúce sa niekoľkokrát ročne, dlhotrvajúce zrážky alebo výskyt topenia snehu v jarnom období v rámci jednej lokality. Z týchto činností vznikajú tzv. bahenné povodne a s nimi spojená vodná erózia pôdy. Na Slovensku sa vyskytujú lokality majúce pravidelné problémy s bahennými povodňami, ktoré majú negatívny vplyv na ekosystém krajiny. Jednou z takýchto lokalít je aj kopaničiarska oblasť západného Slovenska, lokalita Myjavskej pahorkatiny, ktorá je známa svojimi vodnými eróziami už od minulosti. Rozvoj výskumu v tejto oblasti má preto svoje oprávnenie.

V práci sa zaoberáme stanovením odnosu pôdy spôsobeným vodnou eróziou, určením erózneho ohrozenia pôdy podľa prípustného odnosu ako aj erodologickým výskumom vo vybranej oblasti obce Sobotište. Výskum sa bude opierať o analýzu vybudovaných protieróznych a protipovodňových opatrení, pričom v rámci práce bude hodnotená ich účinnosť jednak na zníženie odtoku, ale aj množstva erodovaných častíc v závislosti od trendu klimatologických a hydrologických pomerov.

## 2 OPIS ZÁUJMOVÉHO ÚZEMIA A VSTUPNÉ CHARAKTERISTIKY

Širšia oblasť záujmového územia sa nachádza na západnom Slovensku, patrí do Trnavského kraja, okresu Senica a katastra obce Sobotište (Obr. 1). Katastrálne územie obce leží v nadmorskej výške 220 - 568 m n. m., pričom samotná obec sa rozprestiera v údolí, ktoré je vytvárané tokom Teplica.

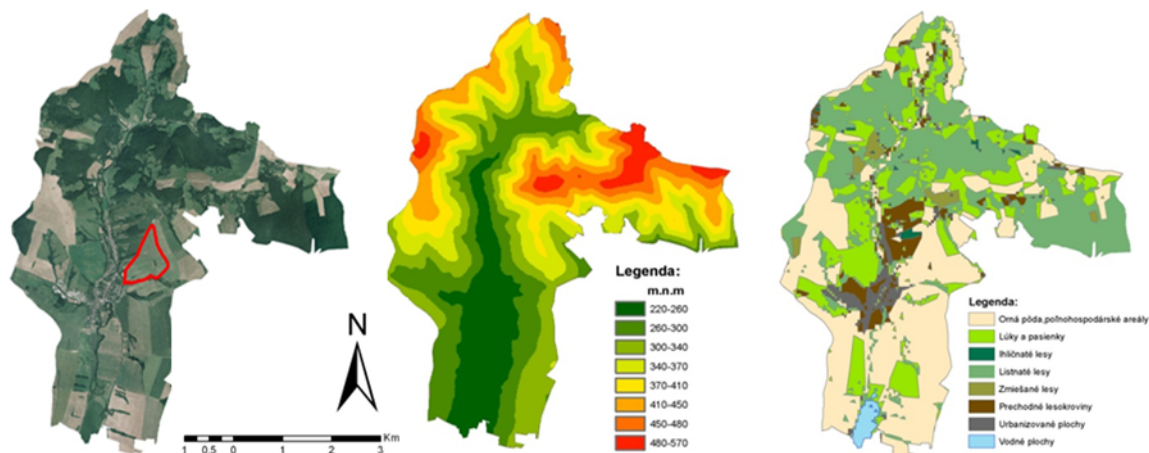


Obr. 1 Lokalizácia okresu Senica a k.ú. obce Sobotište v rámci Slovenskej republiky.

Dôležitými údajmi pri riešení problematiky v oblasti erózie pôdy sú okrem iného aj informácie o výškovej členitosti krajiny a využití krajiny (Obr. 2). Podľa charakteru využitia krajiny možno definovať k. ú. obce Sobotište na oblasť, kde najväčšiu plochu zaberá orná pôda (37 %), lúky a pasienky (21 %) a listnaté lesy (30 %). Geologický podklad má bohatú štruktúru, pričom veľkú časť územia tvorí flyšový podklad z pieskencov, zlepcov a ílovcov z období paleocénu-eocénu (41 %). Flyšové horniny majú tendenciu erodovať, zvetrávať a sú náchylnejšie na zosuvy. Prevládajúcimi pôdnymi druhmi sú hlinité pôdy, ktoré zaberajú viac ako 90 % k. ú. obce Sobotište.

Záujmová lokalita sa nachádza severovýchodne od obce Sobotište v časti Kubíny (Obr. 2 – červenou farbou sú vyznačené hranice), kde sa nachádzajú záchytné vsakovacie priekopy v rámci k. ú. obce Sobotište vybudovaných počas projektu revitalizácie krajiny a ochrany obce v r. 2010. V

predprojektovej dokumentácii z r. 2010 boli navrhnuté 3 vsakovacie priekopy naprieč spádom územia, tak aby zadržovali čo najväčšie množstvo vody. Vecne boli vybudované v r. 2011 už len 2, ich dĺžka a objem z projektovej dokumentácie sú v tab. 1. Ich umiestnenie v lokalite Kubíny je na obr. 5.



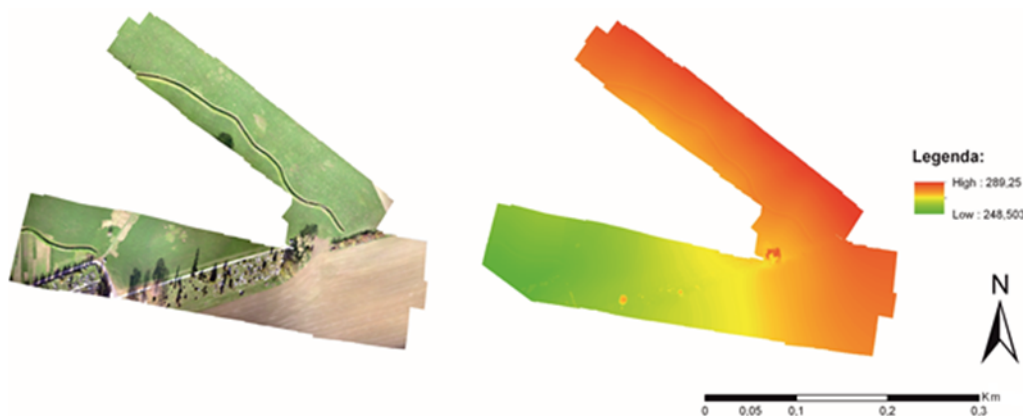
Obr. 2 Ortofotosnímka s lokalitou Kubíny (červenou), hypsometria a využitie krajiny k.ú. obce Sobotište.

Zaujímavé územie leží na rozhraní medzi nížinnou a horskou klímou podľa delenia klimaticko-geografických typov Slovenska [4]. Priemerná ročná teplota je 9,8 °C, najchladnejším mesiacom je január a najteplejším júl, pričom priemerný ročný úhrn zrážok je 600 - 700 mm.

### 3 ERODOLOGICKÝ VÝSKUM

Erodologický výskum zahŕňa nepriame metódy merania intenzity vodnej erózie (vyhodnotenie podkladov z terénu), stanovenie transportu sedimentov ako aj výpočet priameho (povrchového) odtoku.

Terénne experimentálne meranie bolo realizované v novembri 2015 za účelom oboznámenia sa s lokalitou Kubíny, zalietania záchytných vsakovacích priekop UAV technológiou (*Unmanned Aerial Vehicle*) a získania tak podkladov pre analýzu ich stavu. Pre účely práce bol zvolený letecký bezpilotný mapovací prístroj (dron), pričom na jeho spodnej časti bol pripevnený fotoaparát, pomocou ktorého boli vyhotovené snímky danej lokality. Ich spracovaním boli metódou fotogrametrie vytvorené podklady, ako digitálna ortofotosnímka a DTM (*Digital Terrain Model*) s veľkosťou rastra 0,1 x 0,1 m s určitou polohovou presnosťou podľa predom rozmiestnených vlčcovacích bodov vo vybranej lokalite (Obr. 4).



Obr. 4 Ortofotosnímka a DMR (0,1x0,1m) pochádzajúce zo zalietania dronom v lokalite Kubíny.

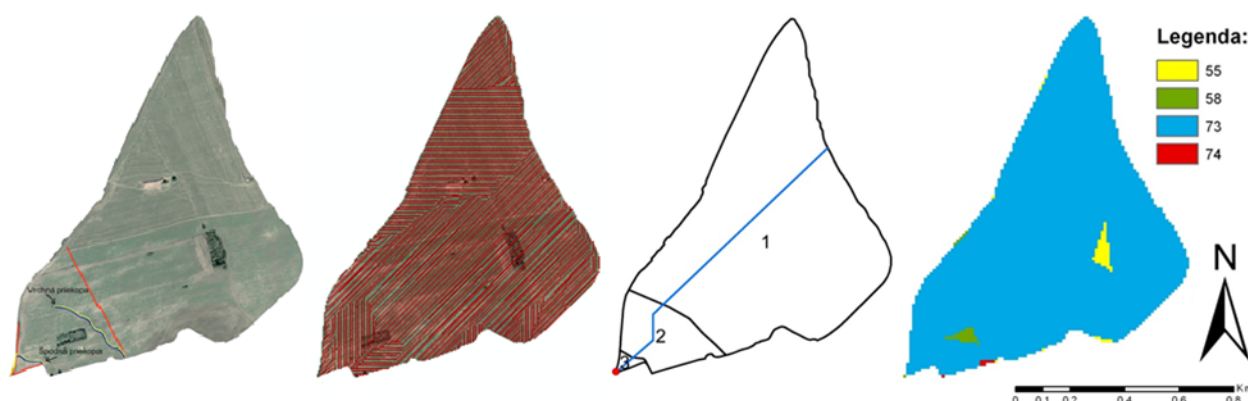
Tieto podklady boli následne použité ako vstupy pre určenie základných parametrov priekop v prostredí *GIS* (tvar a objem). Pre každú priekopu bola subjektívne definovaná maximálna nadmorská výška hrany (vrchnú - 278,30 a spodnú 253,35 m. n. m.), pri ktorej by bola schopná priekopa ešte vodu zadržať. Z týchto hodnôt boli vytvorené polygóny charakterizujúce miesta o rovnakej výške (t.j. maximálna hladina vody v priekopách), pomocou nich a DMT bol vyjadrený objem. V tab. 1 sú uvedené dĺžky a objemy priekop po vplyve klimatických a hydrologických faktorov na lokalitu od r. 2011 - 2015.

Lokalita	Objekt	Rok	Dĺžka	Objem
			(m)	(m <sup>3</sup> )
Kubíny	Spodná priekopa	2011	91,00	764,40
		2015	90,00	117,34
	Vrchná priekopa	2011	303,00	2545,20
		2015	301,20	449,09

Tab. 1 Základné parametre zrealizovaných opatrení pochádzajúce z projektovej dokumentácie (r. 2011) a z experimentálneho merania (r. 2015) umiestnené v lokalite Kubíny, k.ú. Sobotište [5].

### 3.1 Stanovenie priameho (povrchového) odtoku a transportu sedimentov

Výška priameho odtoku zo záujmového územia bola určená pomocou *SCS-CN* metódy, ktorej základom je zrážkový úhrn s určitým časovým rozložením. Plocha záujmovej lokality bola rozdelená v prostredí *GIS* na 3 územné celky oddelené priekopami tak, aby bolo zohľadnené prerušenie priameho odtoku a akumulácia vody v priekopách (Obr. 5). Z mapy odtokových čiar bola subjektívne definovaná najdlhšia dráha odtoku (modrá čiara) zohľadňujúca koncentráciu odtoku do záverečného profilu (červený bod).



Obr. 5 Zobrazenie záchytných priekop (červenou farbou z predprojektivej a zelenou z projektivej dokumentácie, modrou realizované priekopy), odtokových dráh a mapa *CN* čísel v lokalite Kubíny.

V rámci práce bolo uvažované len s dobou koncentrácie na svahu, keďže sa jedná o svahovitý terén využívaný na poľnohospodárske účely. Návrhové zrážky  $H_Z$  boli odvodené pre dobu koncentrácie z krivky zostrojenej z úhrnov zrážok pre rôzne trvania dažďov a  $N = 10$  v stanici Myjava, ktorá sa nachádza v blízkosti záujmového územia [2]. Možno ich pokladať preto za reprezentatívne. Objem zrážok bol následne transformovaný na objem odtoku pomocou váženého *CN* čísla (Obr. 5) vyjadreného z hydrologických skupín pôd podľa ich spôsobu využívania a obrábania [7]. Následne bola vyjadrená maximálna potenciálna retencia  $A$ , po jej stanovení a aj známom  $H_Z$  bola dopočítaná reprezentatívna výška priameho odtoku  $H_0$  podľa vzťahu (1).

$$H_0 = \frac{H_Z^2}{H_Z + A} \quad (1)$$

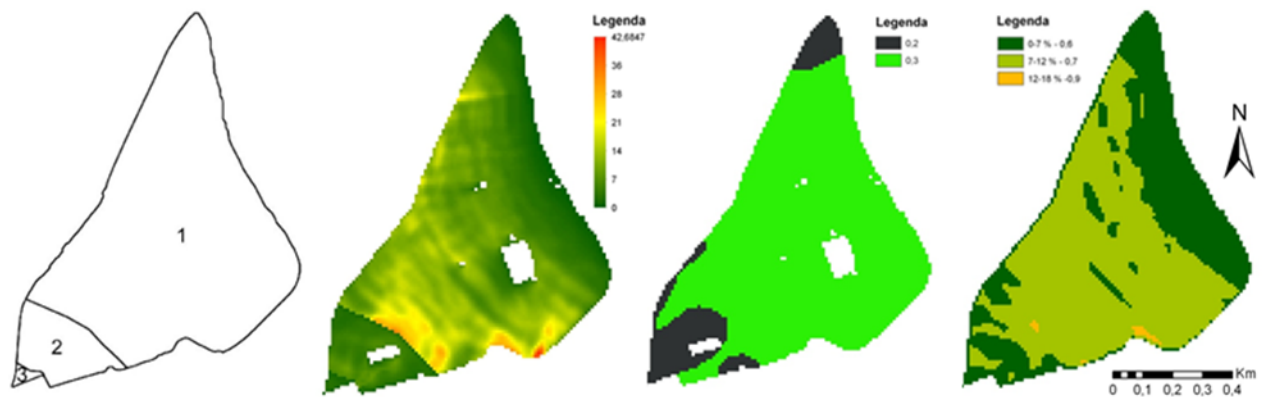
Počiatočná retencia bola uvažovaná ako  $I_a = 0$ . Výpočet veľkosti objemu priameho odtoku  $V$  je určený ako súčin výšky priameho odtoku  $H_0$  a plochy  $F$ . Maximálny kulminačného prietok  $Q_{max}$  je vyjadrený vzťahom (2), pričom povodňové vlny boli navrhnuté v pomere  $k = 1:2$ , kde  $k$  reprezentuje pomer vzostupnej časti vlny ku zostupnej časti.

$$Q_{max} = \frac{2V}{3t_k} \quad (2)$$

Pre odhad transportovaného množstva sedimentov (odnos pôdy) bol použitý model podľa Williamsa [8], ktorý sa v našich fyzicko-geografických podmienkach vo všeobecnosti uplatňuje.

### 3.2 Výpočet straty pôdy a transport sedimentov

Vplyv vodnej erózie na poľnohospodársku pôdu je vyjadrený odnosom pôdy, ktorý bol počítaný pomocou univerzálnej rovnice straty pôdy v spolupráci s modelom *USLE2D* v *GIS* [9]. Zaujímavá lokalita bola rozdelená na uzavreté územné celky pri zohľadnení polohy záchytných priekop (Obr. 6). Faktor dĺžky svahu  $L$  a sklon svahu  $S$  ( $LS$  faktor) boli definované ako priemerná hodnota stanovená výpočtom podľa autorov Wischmeier-Smith, McCool – moderate, Nearing a McCool modelom *USLE2D* [3]. Zaujímavá lokalita sa nachádza v blízkosti Senice, pričom podľa Ing. Alenu má faktor  $R$  pre túto oblasť  $28 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$  [1]. Hodnoty faktora náchylnosti pôdy na eróziu  $K$  boli stanovené z bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek *BPEJ*, podľa Alena [1]. Po konzultácii s hlavným agronómom (R.D. Sobotište) bol definovaný faktor ochranného vplyvu vegetácie  $C$  pre pestovanie ozimín resp. pšenice ozimnej a repky ozimnej pri ľubovoľnej agrotechnike ( $C = 0,12$ ). Na svahu záujmovej lokality je vrstevnicové obrábanie plodín, pre ktoré bol stanovený faktor  $P$  podľa sklonu vrstevnicového obrábania. Mapové podklady na výpočet ročnej straty pôdy  $G$  sú na obr. 6.



Obr. 6 Lokalita Kubíny rozdelená územnými celkami, mapa  $LS$  faktora, faktora  $K$  a  $P$ .

## 4 VÝSLEDKY

Výsledky výpočtu priameho odtoku na poľnohospodársky využívanú plochu pomocou *SCS-CN* metódy pri 10-ročných návrhových zrážkach v lokalite Kubíny sú uvedené v tab. 2.

Veľičina	CN	F	L	S	A	$t_k$	$H_{Z10}$	$H_{O10}$	$V_{10}$	$Q_{max10}$
	-	$\text{m}^2$	m	$^\circ$	mm	s	mm	mm	$\text{m}^3$	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
Plocha 1	72,77	522300	790	7,27	95,04	3280,7	22,01	4,1	2161,58	0,439
Plocha 2	72,14	59000	233	7,06	98,09	1002,6	15,84	2,2	129,93	0,086
Plocha 3	72,57	3500	80	5,14	96,01	459,2	12,6	1,5	5,12	0,007

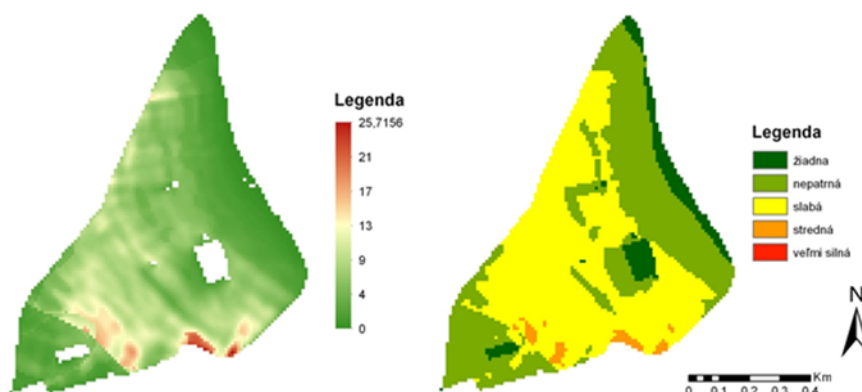
Tab. 2 Sumarizácia výsledkov postupu výpočtu priameho (povrchového) odtoku.

Vypočítaná ročná strata pôdy  $G$  sa nachádza v tab. 3, pričom sú v nej uvedené sumy strát pôd a celkovej odnesenej pôdy podľa typu rozdelenia lokality na územné celky.

Veličina	Strata pôdy	Strata pôdy	Odnos pôdy	Odnos pôdy
	[t.rok <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	[t.rok <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> .rok <sup>-1</sup> ]
Plocha 1	306,79	170,44	7,203	4,002
Plocha 2	16,7	9,28	0,450	0,250
Plocha 3	0,45	0,25	0,016	0,009

Tab. 3 Priemerná ročná strata pôdy a odnos pôdných častíc v lokalite Kubíny.

Grafické zobrazenie priemernej ročnej straty pôdy pre lokalitu Kubíny a vyhodnotenie z hľadiska stupňa intenzity erózneho odnosu sú viditeľné na obr. 7.



Obr. 7 Priemerná ročná strata pôdy a stupeň intenzity odnosu pôdy v lokalite Kubíny.

## 5 ZÁVER

Z výsledkov erodologického výskumu vyplýva, že za obdobie r. 2011 – 2015 prišlo k výraznému zaneseniu priekop za predpokladu, že boli realizované podľa projektovej dokumentácie. Pri analýze výsledkov výpočtu priameho odtoku na svahu bolo zistené, že do vrchnej záchytnej priekopy pri 10-ročných zrážkach natečie objem vody o hodnote 2162 m<sup>3</sup> vody pri maximálnom odtoku 0,439 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> a do spodnej 130 m<sup>3</sup> so zodpovedajúcim maximálnym odtokom 0,086 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>. Podľa stupňa intenzity pôdneho odnosu v lokalite možno badať nepatrnú (0,5-5 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>) a miestami slabú intenzitu (5-15 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>). Za predpokladu, že celá odnesená pôda skončí v záchytných priekopách možno tvrdiť, že rýchlosť zanášania vrchnej priekopy bude 4 m<sup>3</sup> za rok a v prípade spodnej 0,25 m<sup>3</sup> ročne. V prípade spodnej priekopy je toto číslo zanedbateľné, avšak pri vrchnej by bolo vhodné s odstupom času priekopu vyčistiť a prehĺbiť od nahromadených sedimentov, keďže tieto líniové prvky zabraňujú odnosu pôdy, tvorbe priameho odtoku ale aj brzdia a prerušujú pohyb hmôt, čo eliminuje účinky vodnej erózie pôdy.

### Podakovanie

Táto práca bola podporovaná Európskou komisiou v rámci projektu 7RP RECARE, kontrakt č. 603498.

### Použitá literatúra

- [1] Alena, F. (1991): „Protierózna ochrana na ornej pôde“, Metodická pomôcka, ŠMS, Bratislava.
- [2] Bara, M, Kohnová, S., Gaál, L., Szolgay, J., Hlavčová, K. (2010): „Scaling of short-term rainfall intensities in Slovakia“, Key Publishing, Ostrava, ISBN 978-80-7418-083-5.

- [3] Desmet, P.J.J. and Govers, G., 1996a. A GIS-procedure for automatically calculating the USLE LS-factor on topographically complex landscape units. *J. of Soil and Wat. Con.*, 51: 427-433.
- [4] Zaťko, M. (2002): Poloha. 4. Kapitola. In: Atlas krajiny SR, Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky, Bratislava, Esprit, spol s. r. o., Banská Štiavnica. ISBN 80- 88833-27-2
- [5] Sanstav Group, a.s. (2010): Vodozadržné opatrenia v obci Sobotište.
- [6] Stankoviánsky, M. (2010): „Erozia pôdy a problémy ktoré s tým súvisia“, Univerzita Komenského, Bratislava, Realizáciu projektu LPP-0130-09.
- [7] USDA, Washington, Soil Conservation Service (1986): Urban hydrology for small watersheds. Technical Release 55, USDA-SCS, Engineering Division. USGPS, Washington DC.
- [8] Williams, J.R.,(1977): „Sediment Delivery Ratios Determinated with Sediment and Runoff Models“,In: Erosion and Solid Matter Transport in Inland, Int. Ass. of Hydr. Sc., Paris
- [9] Wischmeier, W.H., Smith, D.D., (1978): „Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning“, USDA, Agr. Handbook 537.