

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA  
V NITRE  
FAKULTA ZÁHRADNÍCTVA A KRAJINNÉHO INŽINIERSTVA  
Katedra biometeorológie a hydrológie**

**ZRNITOSTNÉ ZLOŽENIE POVRCHOVEJ VRSTVY PÔDY  
AKO MOŽNÝ INDIKÁTOR ZRÁŽKOVO-ODTOKOVÉHO  
PROCESU A VODNEJ ERÓZIE PÔDY**

Autoreferát dizertačnej práce  
na získanie akademického titulu *philosophiae doctor*  
v študijnom odbore 41-96-9 KRAJINNÉ INŽINIERSTVO

**Ing. Martina Mikušová**

**Nitra, 2008**

Dizertačná práca bola vypracovaná v dennej forme doktorandského štúdia na Katedre biometeorológie a hydrológie Fakulty záhradníctva a krajinného inžinierstva Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre.

Doktorandka: **Ing. Martina Mikušová**  
Katedra biometeorológie a hydrológie  
Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Vedúci dizertačnej práce:  
**prof. Ing. Jaroslav Antal, DrSc.**  
Katedra biometeorológie a hydrológie  
Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Oponenti: **prof. RNDr. Juraj Hreško, PhD.**  
Fakulta prírodných vied  
Katedra ekológie a environmentalistiky  
Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre

**Doc. Ing. Karol Kováč, PhD.**  
Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

**Doc. Ing. Kamila Hlavčová, PhD.**  
Stavebná fakulta  
Katedra vodného hospodárstva krajiny  
Slovenská technická univerzita v Bratislave

Autoreferát bol rozoslaný dňa .....

Stanovisko k dizertácii vypracovala Katedra biometeorológie a hydrológie Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre.

Obhajoba doktorandskej dizertácie sa koná dňa 9.2.2009 o 10.00 h pred komisiou pre obhajobu dizertačných prác vedného odboru 41-96-9 Krajinné inžinierstvo na Fakulte záhradníctva a krajinného inžinierstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre.

Miesto konania: Katedra biometeorológie a hydrológie  
Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre  
Hospodárska 7, 949 01 Nitra

Miestnosť: ZP-11

S dizertačnou prácou sa možno oboznámiť na dekanáte Fakulty záhradníctva a krajinného inžinierstva.

Predseda komisie pre obhajobu v študijnom odbore 41-96-9 Krajinné inžinierstvo

**prof. Ing. Jozef Stred'anský, DrSc.**  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

## ABSTRAKT

V priebehu rokov 2002-2005 bola na poľnohospodárskej pôde Vysokoškolského poľnohospodárskeho podniku SPU – závod Kolíňany sledovaná zmena zrnitostného zloženia povrchovej vrstvy pôdy počas pestovania rozdielnych plodín. Zmena bola stanovená v závislosti od polohy odberného miesta na svahu a termínu odberu v priebehu roka v podmienkach, keď prípadné zmeny zrnitostného zloženia povrchovej vrstvy pôdy sú vyvolané najmä vodnou eróziou, t.j. v podmienkach, keď vplyv ostatných faktorov, najmä agrotechniky, je minimálny. Realizovaním monitoringu vodnej erózie touto metódou a následne návrhom aplikácie zrnitostných rozborov na stanovenie vodnej erózie pôdy, spolu s analýzou erózne účinných dažďov, sme overili jej použitie na jednoduché stanovenie intenzity vodnej erózie. Dosiahnuté výsledky sme potvrdili aj prostredníctvom výpočtu agrohydrologických charakteristík povrchového odtoku a charakteristiky pôdnej textúry (Holého metóda).

Výsledky dosiahnuté cez nami navrhnutú metodiku analýzy zrnitosti potvrdili závery doterajších výskumov a to že k eróznej aktivite došlo, keď sa privalové dažde s vysokou eróznou účinnosťou vyskytli v období, kedy bola pôda slabo chránená rastlinným krytom a málo odolná voči vodnej erózii. Intenzita zistených erózných procesov v jednotlivých porastoch preto nebola v zhode s ich protieróznym účinkom, vyjadreným faktorom ochranného vplyvu vegetácie C. To znamená že k intenzívnemu vyplavovaniu pôdnych častíc a teda k intenzívnej vodnej erózii došlo aj v porastoch s vysokým protieróznym účinkom a naopak pri niektorých porastoch s nízkym protieróznym účinkom bol proces vodnej erózie minimálny.

Hodnotenie zrážkovo-odtokového procesu sa nezhoduje s výsledkami našej metodiky najmä pre fakt, že metóda čísel odtokových kriviek nezohľadňuje ochranný účinok rastlín, ktorý sa dynamicky mení v priebehu ich rastových období. Výsledky dosiahnuté pomocou Holého metódy sa zhodujú s výsledkami nami navrhovanej metódy - výpočtu veľkosti zmeny textúry. Nakoľko výsledky Holého metodiky sú veľmi citlivé na presnosť stanovania zrnitostného zloženia pôdy na mieste kde došlo k maximálnej zmene zrnitosti na svahu, nami navrhnutá metodika poskytuje hodnovernejšie výsledky intenzity erózneho procesu.

Nami navrhnutá metodika analýzy zmeny zrnitostného zloženia povrchovej vrstvy pôdy na stanovenie intenzity vodnej erózie sa javí ako metóda veľmi citlivo reagujúca na v priebehu roka meniace sa charakteristiky prostredia, akými sú predovšetkým zrážkové pomery a jednotlivé obdobia rastlín s rozdielnym ochranným účinkom na pôdu a vyhodnocuje celkový dopad procesu vodnej erózie na pôdu. Na základe toho odporúčame ďalej pokračovať

v štúdiu tejto metódy a po jej dopracovaní a zjednodušení aplikovať v bežnej poľnohospodárskej praxi ako jednoduchú, časovo a investične nenáročnú metódu na posúdenie intenzity erózneho procesu v prevádzkových podmienkach

***KLúčové slová:*** erózia pôdy, zmena zrnitostného zloženia pôdy, protierózny ochranný účinok rastlín, privalové dažde spôsobujúce eróziu pôdy

## **ABSTRACT**

During the years 2002-2005, the change of soil texture of the surface layer during growing of different farming products was monitored on the agricultural land of the university farming enterprise of the Slovak University of Agriculture – the Koliňany farm. The change was determined on the grounds of the position of the sampling locality on slope and on the grounds of the date of sampling over the course of year in the conditions when potential changes of the soil texture of the surface layer are the result of water erosion i.e. in the conditions when the effect of other factors, mainly agricultural technology, is minimal. With realization of the monitoring by means of this methodology and, consequently, with proposed application of the soil texture analyses in order to determine the soil water erosion, together with the analysis of erosively active rain, we have verified its usage for simple determination of the water erosion intensity. We confirmed the achieved results also by means of the agro-hydrological characteristics of the surface flow and characteristic of the soil texture (the method by Holý).

The results gained via the method of the soil texture analysis suggested by us confirmed the conclusions of the existing researches with these claiming that the erosion activity originated when rainstorms with significant erosion effects occurred in the period when the soil was poorly protected by vegetation cover and poorly resistant to water erosion. Thus intensity of the detected erosion processes in the individual growths was not in accordance with their anti-erosion effect expressed by the C factor of protective effect of vegetation. This means that intensive drifting of soil particles and thus intensive water erosion occurred also in the vegetation with high anti-erosive effect and, vice-versa, with certain growths with low anti-erosive effect, the water erosion process was minimal.

Evaluation of the precipitation-runoff process does not correspond with the results of our methodology mainly due to the fact that the methodology of runoff curves does not allow for protective effect of plants that changes dynamically over the course of their vegetation periods. The results gained by means of the method by Holý correspond with the result of the method suggested by us – calculation of the extend of the soil texture's change. Since the

results of the Holý's methodology are rather sensitive to preciseness of determining the soil texture at the place with the maximum change of the soil texture on slope, the methodology recommended by us provides more credible results of the erosive process intensity.

The methodology of analysis of the surface layer of the soil texture proposed by us to determine the intensity of water erosion appears to be reacting rather sensitively, over the course of year, to changing characteristics of environs such as mainly precipitation conditions and respective periods of vegetation with different impact on soil and it evaluates total impact of the water erosion process on soil. Based on the aforementioned, we suggest continuing with the study of this method and after its completion and simplifying, we propose applying it for common agricultural practice as a simple method, not demanding in terms of time and finances, used for assessing intensity of the erosive process in operation conditions.

*Key words: soil erosion, soil texture change, anti-erosive protective effect of plants, rainstorms causing soil erosion*

## **OBSAH**

<b>ABSTRAKT.....</b>
<b>ABSTRACT.....</b>
<b>ÚVOD.....</b>
<b>1 PREHĽAD O SÚČASNOM STAVE RIEŠENEJ PROBLEMATIKY.....</b>
<b>2 CIEĽ PRÁCE.....</b>
<b>3 MATERIÁL A METÓDY.....</b>
<b>4 VÝSLEDKY.....</b>
<b>5 ZÁVERY.....</b>
<b>6 VÝBER Z POUŽITEJ LITERATÚRY.....</b>
<b>7 ZOZNAM PUBLIKOVANÝCH PRÁC AUTORA SÚVISIACICH S RIEŠENOU PROBLEMATIKOU A OHĽASY NA PUBLIKOVANÉ PRÁCE.....</b>

## **ÚVOD**

Voda je najrozšírenejšia látka na Zemi. Patrí k základným zložkám životného prostredia človeka a je aj podmienkou existencie života na našej planéte. Ďalšou základnou podmienkou života na zemi je existencia pôdy. Z fyzicko-geografického hľadiska sú pôdy vo veľmi úzkych vzájomných vzťahoch a prepojeniach s ostatnými sférami. Preto sa pôda označuje ako zrkadlo krajiny. Toto prepojenie a spolupôsobenie môže mať pozitívny ako aj negatívny vplyv. Medzi negatívne patrí aj pôsobenie zrážkovej povrchovo odtekajúcej vody, ktorá svojou kinetickou energiou a mechanickou silou uvoľňuje a mobilizuje častice pôdy. Tento proces sa nazýva vodná erózia pôdy.

Erózia pôdy je najvýznamnejšou formou fyzikálnej deštrukcie pôd na území Slovenskej republiky. Aby sme zabránili vzniku, resp. znížili intenzitu erózie pôdy na

požadovanú úroveň a zároveň v čo najväčšej miere eliminovali degradačný vplyv vodnej erózie na pôdu je nevyhnutné sústrediť pozornosť na protieróznú ochranu pôdy. Protierózna ochrana pôdy sa však zakladá na konkrétnych informáciách o stupni a veľkosti tohto degradačného procesu.

Na stanovenie intenzity erózie pôdy bolo doteraz definovaných množstvo výskumných metód. Vyhodnotenie intenzity tohto procesu v reálnych prevádzkových podmienkach, akým sú napr. poľnohospodársky obhospodarovaná pôda, však doteraz nebolo podrobne rozpracované. Táto práca sa preto zaoberá stanovením intenzity erózných procesov na obhospodarovanej poľnohospodárskej pôde prostredníctvom využitia novozadefinovanej metodiky analýzy zmeny zrnitostného zloženia na povrchovej vrstve pôdy.

## **1 PREHLAD O SÚČASNOM STAVE RIEŠENEJ PROBLEMATIKY**

Erózia pôdy je proces odstraňovania pôdy a najvrchnejších vrstiev materskej horniny mechanickým pôsobením činiteľov vyznačujúcich sa kinetickou energiou, ktorými sú najmä dážď, prúdiaca voda a vietor, pričom najvýznamnejšia je skupina vodnej erózie, spôsobená vodou v kvapalnom stave (Fulajtár, 2002).

Erózia pôdy sa triedi podľa rôznych hľadísk. Najčastejšie podľa: činiteľa (faktora), formy, intenzity a škodlivosti. Erózne procesy prebiehali a budú prebiehať neustále. Sú činiteľom, ktorý pôsobí na nepretržitý vývoj a zmeny povrchu Zeme. Mechanizmus erózných procesov sa riadi pôsobením a vzájomnou interakciou rôznych faktorov, ktoré ovplyvňujú vznik a priebeh erózie. Proces vodnej erózie ovplyvňujú najvýraznejšie faktory (Antal, Fídlér a i., 1989): klimatické, topografické, pôdne a geologické, vegetačné a antropogénne.

Existencia vodnej, presnejšie povedané zrážkovej (pretože sa tou zaoberáme) erózie pôdy je podmienená existenciou pôdy, existenciou zrážok a ak zanedbáme transport erodovaných pôdnych častíc tzv. kvapkovou eróziou (eróziu dažďových kvapiek), potom existencia vodnej erózie pôdy je podmienená aj existenciou povrchového odtoku zrážkovej vody. Pretože pôda na záujmovom území existuje nepretržite, o existencii zrážkovej (vodnej) erózie rozhoduje výskyt zrážok na záujmovom území, poprípade aj výskyt povrchového odtoku. Toto tvrdenie potvrdzuje, že ak neexistuje povrchový odtok zrážkovej vody, tak neexistuje ani strata pôdy vodnou eróziou, resp. "No Runoff, No Soil Loss" (Antal, 2002).

Výskyt a veľkosť vodnej erózie bude závislý v prvom rade od erózneho činiteľa, ktorý ju spôsobil, čiže je závislý od veľkosti a intenzity zrážok na konkrétnom území. Prívalové dažde sú charakterizované značnou intenzitou, krátkou dobou trvania, obmedzeným plošným rozsahom a v stredoeurópskych podmienkach hlavne výskytom v teplom letnom období

(Holý, 1978). Jednotliví autori uvádzejú rôznu hraničnú intenzitu privalových dažďov spôsobujúcich eróziu pôdy, ako aj spôsob stanovenia erózneho účinku dažďov prostredníctvom tzv. dažďového faktora R.

Rastlinný kryt je po reliéfe druhým mimoriadne dôležitým činiteľom ovplyvňujúcim eróziu. Kvalitný hustý porast môže aj na veľmi strmých svahoch takmer úplne zabrániť erózii. Pôsobenie rastlinného krytu je mnohostranné. Pri privalových dažďoch zabezpečuje vegetačný kryt (Soukup, 1999): a) ochranu povrchu pôdy pred priamym dopadom dažďových kvapiek; b) udržuje povrchový odtok vo fáze plošného odtoku (t. z. obmedzuje jeho sústreďovanie).

Ochranný účinok plodín podlieha sezónnej dynamike. Wischmeier a Smith (1978) podobne ako aj iní autori (Kováč, 1998; Janeček a i., 1992; Fulajtár, Janský, 2001; Toman, 2000) rozdelili stupeň ochranného účinku plodín a ich pozberových zvyškov do 5 období: 1. Obdobie podmietky a hrubej brázdy, 2. Obdobie od prípravy pozemku k sejbe do jedného mesiaca po sejbe, alebo výsadbe - klíčeniu a začiatok rastu mladého porastu, 3. Obdobie počas druhého mesiaca od jarnej, alebo jesennej sejby, alebo výsadby. Pri ozimínach do 30.4.; 4. Obdobie od konca 3. obdobia do zberu, 5. Obdobie strniska a pozberových zvyškov.

Viacerí autori (Soukup, Kováč, Toman, Černý, Dumbrovský, Jambor, ...) zoradili rôzne porasty z hľadiska ich protieróznej účinnosti. Najzaužívanejší spôsob relatívneho kvantitatívneho vyjadrenia pôdoochranného účinku rastlín je faktor protierózneho účinku vegetácie (C – faktor). C faktor pritom zohľadňuje jednotlivé vývojové fázy (5 období) plodín. Účinky vegetačného krytu pôdy vo vzťahu k vodnej erózii vyjadrené prostredníctvom C faktora uvádza viacero autorov, napr. Alena, (1991), Zachar (1970), Janeček (1992), Malíšek (1992), Toman (2000).

Kvantifikácia erózných procesov sa v súčasnosti realizuje výskumnými metódami, alebo metódami monitoringu vodnej erózie. Výskumnými metódami získavame síce presné výsledky o veľkosti vodnej erózie, ale tie neodrážajú reálny stav erózných procesov v poľnohospodársky obhospodarovaných podmienkach. Monitoring vodnej erózie sa musí realizovať na rozdiel od výskumu, v skutočných, neupravených poľných podmienkach. Z toho vyplýva aj vhodnosť použitia tej ktorej metódy. Metódy využívané pri monitoringu vodnej erózie sa zakladajú na zjednodušení výskumných metód.

Najčastejšie používané metódy monitoringu vo všeobecnosti sú:

### **1. priame metódy:**

- *Metódy merania zmeny úrovne povrchu pôdy (bodové merania):* Erodomerné tyče, Erodomerné valce, Maľovanie pásov, ...

- *Metódy zachytávania vodou odplavených sedimentov: Záchytné vrecká, Záchytná stena, ...*
- *Metódy zachytávania pôdných sedimentov a povrchovo - odtekajúcej vody: Záchytné jamy, Gerlachova priekopa*

## **2. nepriame metódy:**

- *Meranie pôdných vlastností (upravený variant pedologických metód): zrnitosť, objemová hmotnosť, priepustnosť, infiltrácia, vodostálosť agregátov a drsnosť povrchu*

## **2 CIEĽ PRÁCE**

Navrhnuť a overiť jednoduchú metódu na stanovenie intenzity vodnej erózie pomocou analýzy zmien zrnitostného zloženia pôdy a analýzy erózne účinných dažďov.

Pre splnenie tohto cieľa je potrebné:

Vyhodnotiť priebeh zmeny zrnitostného zloženia povrchovej vrstvy pôdy, na ktorej sa pestujú rôzne poľnohospodárske plodiny, v závislosti od polohy odberného miesta na svahu a termínu odberu v priebehu roka v podmienkach, keď prípadné zmeny zrnitostného zloženia povrchovej vrstvy pôdy sú vyvolané najmä vodnou eróziou, t.j. v podmienkach, keď vplyv ostatných faktorov, najmä agrotechniky, je minimálny.

Pre každé sledované obdobie (v závislosti od fenologických termínov pestovaných plodín a zároveň termínov odberu pôdných vzoriek) vyhodnotiť výskyt erózne účinných dažďov na záujmovej ploche a následne preň stanoviť R – faktor podľa W.-S. a jeho % rozdelenie počas roka.

Vyhodnotiť vplyv rôznych plodín pestovaných na poľnohospodárskej pôde na vznik a intenzitu vodnej erózie a to na základe analýzy zmeny zrnitostného zloženia pôdy v sledovaných rokoch.

Dosiahnuté výsledky overiť prostredníctvom výpočtu agrohydrologických charakteristík povrchového odtoku (výšky povrchového odtoku zrážkovej vody) a charakteristiky pôdnej textúry.

## **3 MATERIÁL A METÓDY**

Všetky výskumné práce boli realizované na pôdnom celok č. 26 s miestnym názvom „Nad rybníkom“, ktorý sa nachádza v extraviláne obce Koliňany, na pravom brehu vodnej nádrže a zároveň na pravom brehu upraveného vodného toku Bocegaj. Pôdny celok je obhospodarovaný Vysokoškolským poľnohospodárskym podnikom (VPP SPU) – závod



Kolíňany. Je rozdelený na dva hony „A“ a „B“, v rámci ktorých boli v jednom roku pestované rôzne poľnohospodárske plodiny.

### Odber pôdnych vzoriek

V rokoch 2002 až 2005 sme uskutočnili odbery pôdnych vzoriek celkom na 10 – tich odberných miestach a to na hone „A“ aj „B“, na ktorých bola pestovaná rozdielna plodina. Na obidvoch honoch boli odberné miesta vytýčené na jednej spádnici, vo vzájomnej vzdialenosti 50 m. Tak sme získali odbery z 10-tich odberných miest svahu, celkovej dĺžky 450 m. Na vyššie charakterizovaných odberných miestach svahu sme spolu odobrali 237 pôdnych vzoriek z povrchovej, 2 cm hrubej vrstvy pôdy. Odberné termíny boli zvolené tak, aby v tomto období vykonané agrotechnické zásahy nespôsobili zmenu zrnitostného zloženia orničnej vrstvy pôdneho profilu.

Tabuľka 3.1: Prehľad počtu odberov pôdnych vzoriek v jednotlivých rokoch a porastoch

Rok	Hon	Plodina	Počet vzoriek za rok
2002	B	kukurica siata	27
2003	A	slnečnica ročná	20
	B	jačmeň siaty, forma jarná	30
2004	A	tekvica obyčajná	30
	B	kapusta repková pravá	40
2005	A	mak siaty	50
	B	pšenica letná, forma ozimná	40

### Metóda rozboru

V roku 2002 bolo zrnitostné zloženie stanovené pipetovacou metódou v laboratóriu Katedry pedológie a geológie SPU v Nitre. Zrnitostný rozbor pôdnych vzoriek odoberaných v rokoch 2003 - 2005 stanovil Ústav ekológie lesa SAV, Zvolen na Laserovom zrnitostnom analyzátore FRITSCH ECONOMY, typ Analysette 22.

### Analýza

Na analýzu zrnitostného zloženia všetkých pôdnych vzoriek odobraných v rokoch 2002-2005 sme použili nasledovné metódy:

1. **Nami navrhnutú metódu analýzy** (popísaná v kapitole výsledkov)
2. **Holého metódu** (výpočet charakteristiky pôdnej textúry)

Holý (1960) vychádzal z predpokladu, že množstvo a veľkosť pôdnych častíc uvoľnených a vyplavených z ornice závisí pri rovnakých ostatných podmienkach na intenzite erózneho procesu. Z toho vyplýva, že zmena textúry ornice na svahoch je ukazovateľom stupňa intenzity selektívnej plošnej erózie.

Charakteristika pôdnej textúry sa vypočíta podľa vzťahu:

$$\mu = \alpha_1 m_1 + \alpha_2 m_2 + \dots + \alpha_k m_k \quad (3.1)$$

kde:  $\mu$  – charakteristika pôdnej textúry [absolútna hodnota],  
 $m_1, m_2, \dots, m_k$  – hmotnostné percentá jednotlivých kategórií pôdnych zŕn [% hm.],  
 $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k$  – prevrátené hodnoty príslušných veľkostí pôdnych častíc (R) [mm].

Holý na určenie stupňa intenzity príslušného erózneho procesu použil tzv. „maximálnu pomernú zmenu textúry ornice“  $n_{\max}$ . Tá sa rovná pomeru hodnoty  $\mu$  miesta, kde došlo k maximálnej strate pôdnych častíc (je daná najnižšou hodnotou  $\mu$ ) a charakteristikou  $\mu$  na rozvodnici svahu, kde predpokladáme približne stály texturálny stav.

Maximálna pomerná zmena textúry ornice sa vypočíta podľa vzťahu:

$$n_{\max} = \frac{\mu_{\min}}{\mu_r} \quad (3.2)$$

kde:  $n_{\max}$  – maximálnu pomernú zmenu textúry [relatívna hodnota],  
 $\mu_{\min}$  – minimálna charakteristika pôdnej textúry na svahu [absolútna hodnota],  
 $\mu_r$  – charakteristika pôdnej textúry na rozvodnici svahu [absolútna hodnota].

### Stanovenie výskytu erózne účinných zrážok

Analyzované vstupné údaje (úhrny zrážok v mm zaznamenané automatickým zariadením stanice a ombrografom v období od 1.4. do 30.9. rokov 2002-2005) pochádzajú z lokality Dolná Malanta, kde sa nachádzala na vysunutom pracovisku SPU v Nitre agrometeorologická (automatická) stanica Katedry biometeorológie a hydrológie.

Na posúdenie jednotlivých dažďov, či patria medzi erózne účinné alebo nie, sme použili metodiku publikovanú Wischmeierom a Smithom (Antal, 1989). Táto metodika predpokladá splnenie dvoch požiadaviek: prekročenie stanovenej celkovej výšky zrážky ( $H_z > 12,5$  (mm)), a prekročenie stanovenej intenzity dažďa v niektorom dažďovom oddiele ( $i_d > 24,0$  mm.h<sup>-1</sup>).

### Stanovenie dažďového faktora R

Zo zrážok, ktoré sú považované za erózne účinné, sme vypočítali hodnotu dažďového faktora R [MJ.ha<sup>-1</sup>.cm.h<sup>-1</sup>], ako súčin celkovej kinetickej energie dažďa (E) a jeho maximálnej 30 minútovej intenzity ( $I_{30}$ ).

### Všeobecná analýza zrážkovo - odtokového procesu z hľadiska vodnej erózie

Pre analýzu vzniku povrchového odtoku použijeme metódu čísel odtokových kriviek tzv. CN - metódu, a to preto, že táto metóda najkomplexnejšie zohľadňuje charakteristiky

poľnohospodársky využívanej krajiny. Výška povrchového odtoku pri CN - metóde sa počíta podľa vzťahu (napr. Antal, 1999):

$$H_{o,p} = \frac{(H_Z - 0,2 * A)^2}{H_Z + 0,8 * A} \quad (3.3)$$

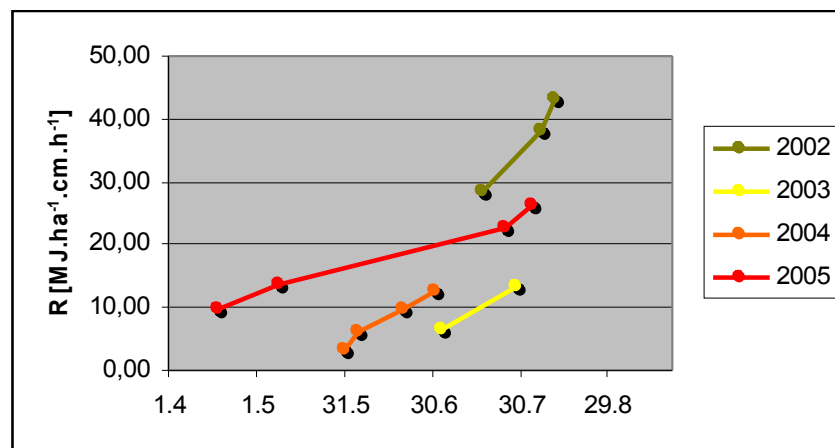
kde:  $H_{o,p}$  – výška povrchového odtoku vyvolaná uvažovaným dažďom [mm],  
 $H_Z$  – výška uvažovaného dažďa [mm],  
 $A$  – ( $= 25,4 * (1000/CN - 10)$ ) potenciálna retencia uvažovaného územia [mm],  
 $CN$  – hodnota vyjadrujúca hydrologické vlastnosti uvažovaného územia, konkrétne hydrologické vlastnosti pôdy, využívanie pôdy, obrábanie pôdy a vlhkosť stav pôdy.

#### 4 VÝSLEDKY

##### Vyhodnotenie výskytu erózne účinných zrážok a percentuálne rozdelenie dažďového faktora R v priebehu roka

Z analýzy zrážok, ktoré sa vyskytli počas vegetačných období (od 1.4. do 30.9.) rokov 2002-2005 sme zistili, že výskyt erózne účinných dažďov v priebehu jednotlivých rokov, ako aj vegetačných období nebol rovnaký, rovnako ako boli rozdielne aj erózne účinky týchto dažďov. V hodnotených vegetačných obdobiach pestovaných rastlín na záujmovej ploche sme vyhodnotili hodnoty dažďového faktora R, ktorého prehľad sa nachádza na obrázku 4.1

Obrázok 4.1: Výskyt erózne účinných dažďov v rokoch 2002 –2005 (v období od 1. apríla. do 30. septembra) spolu s hodnotou dažďového faktora R.



Najvyššiu erózne účinnosť vyjadrenú pomocou dažďového faktora R dosiahli dažde spadnuté v roku 2002 (hodnota faktora R za celé vegetačné obdobie bola rovná 43,06 [MJ.ha<sup>-1</sup>.cm.h<sup>-1</sup>]) a v roku 2005 (dažďový faktor R bol rovný 26,29 [MJ.ha<sup>-1</sup>.cm.h<sup>-1</sup>]). V rokoch 2003 a 2004 bol výskyt a sila týchto intenzívnych zrážok približne rovnaká. Vypočítané hodnoty dažďového faktora R sa odlišujú od hodnoty stanovenej Malíškom pre ombrograficky meraciu stanicu Nitra rovnú 24,62 MJ.ha<sup>-1</sup> (Toman, 1999).

Pri percentuálnom rozdelení dažďového faktora R v priebehu všetkých vegetačných období rokov 2002-2005 sme zistili, že najväčšie zastúpenie mali zrážky spôsobujúce eróziu

pôdy v mesiaci júl (56 %) a august (20%), kým ich výskyt a intenzita klesala smerom od apríla (10%) po jún (6 %), ako je bližšie uvedené v tabuľke 4.1.

Tabuľka 4.1: Rozdelenie faktora R v rámci vegetačných období (1.4. do 30.9.) rokov 2002-2005

Mesiac	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	Spolu
R [MJ.ha <sup>-1</sup> .cm.h <sup>-1</sup> ]	9,89	7,00	6,58	53,50	18,23	0	95,20
%	10,39	7,36	6,91	56,20	19,15	0,00	100,00

Naše výsledky sa len čiastočne zhodujú s percentuálnym rozdelením dažďového faktora R v priebehu roka stanoveným Alenom (1991). Podľa Alenu majú najväčšie zastúpenie prívalové zrážky spôsobujúce eróziu pôdy vyjadrené pomocou dažďového faktora R v mesiacoch jún, júl a august. Tento poznatok sa v našej analýze nepotvrdil pre mesiac jún, počas ktorého bol eróznym účinkom spadnutých zrážok druhý najnižší po mesiaci september. Kým u Alenu zastúpenie dažďového faktora R rastie od apríla po jún, v našom prípade je trend vývoja R v týchto mesiacoch opačný.

#### Vyhodnotenie výšky povrchových odtokov vzniknutých počas monitoringu vodnej erózie v rokoch 2002-2005

Z nižšie uvedeného prehľadu vyplýva, že výška povrchového odtoku  $H_{O,p}$  vypočítaná pre všetky monitorované porasty v rokoch 2002-2005 je rozdielna. K najväčšiemu povrchovému odtoku došlo v roku 2005 pri pestovaní maku siateho (1,63 mm) a v roku 2004 pri pestovaní tekvice obyčajnej (1,17 mm). Naopak nulový povrchový odtok sme vypočítali pre porast jačmeňa siateho (pestovaný v roku 2003) a pšenice letnej (pestovanej v roku 2005).

Tabuľka 4.2 Sumárny prehľad výšky povrchových odtokov  $H_{O,p}$  [mm], ktoré vznikli počas monitorovacích období jednotlivých plodín pestovaných na hone A a B v rokoch 2002 – 2005

Rok	Pestovaná plodina	Monitorované obdobie	$H_{O,p}$ [mm]
2002	kukurica siata	29.6.2002 - 2.10.2002	0,25
2003	slnečnica ročná	13.5.2003 – 17.9.2003	0,30
	jačmeň siaty	29.4.2003 – 1.7.2003	0,00
2004	tekvica obyčajná	14.5.2004 – 12.8.2004	1,17
	kapusta repková	30.3.2004 – 30.6.2004	0,18
2005	mak siaty	12.5.2005 – 19.7.2005	1,63
	pšenica letná	13.4.2005 – 19.7.2005	0,00

#### Návrh použitia zrnitostných rozborov pôdy na stanovenie intenzity vodnej erózie

Z viacerých možných spôsobov vyhodnotenia závislostí medzi vodnou eróziou a zrnitostným zložením vrchnej časti pôdneho profilu v čase a v priestore sme použili nami vlastne zadefinované hodnotenie závislosti:

$$r = f(Cr, TO, l) \quad [\%] \quad (4.1)$$

kde: Cr - uvažovaný vegetačný kryt  
TO - dátum odberu

$l$  - vzdialenosť odberného miesta od rozvodnice [m]

$r$  – tzv. rozdiel obsahu pôdných častíc zvoleného priemeru, ktorý je definovaný vzťahom:

$$r = m_{t,l} - m_{0,l} \quad [\% \text{ hm.}] \quad (4.2)$$

kde:  $m_{t,l}$  - obsah analyzovaných pôdných častíc v rôznom čase ( $t$ ) a mieste ( $l$ ) odberu pre konkrétny vegetačný kryt pôdy [% hm.]

$m_{0,l}$  - obsah analyzovaných pôdných častíc na začiatku monitorovacieho obdobia ( $t = 0$ ) v rôznych miestach odberu ( $l$ ) pre konkrétny vegetačný kryt [% hm.]

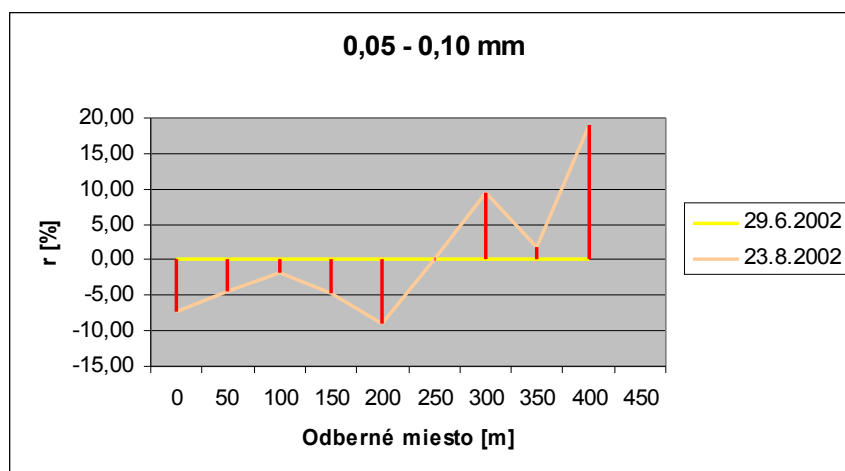
Pre lepšiu analýzu dosiahnutých výsledkov sme použili závislosť vyjadrili v grafickej forme. Pre prehľadné určenie poradia citlivosti frakcií voči účinkom pôsobenia vodnej erózie pôsobiacej po celej dĺžke svahu a predovšetkým pre porovnanie veľkosti zmeny zrnitostného zloženia povrchovej vrstvy pôdy v rozdielnych rokoch, a teda stanovenia intenzity vodnej erózie, sme sumárny vývoj zmien zastúpenia jednotlivých frakcií po celej dĺžke svahu vyjadrili veľkosťou plochy grafu, ktorú na jednej strane ohraničuje rozdiel obsahu pôdných častíc rovný 0 % hm (zodpovedá obsahu analyzovaných pôdných častíc na začiatku monitorovacieho obdobia tej ktorej rastliny, v tom ktorom roku) a na druhej strane vypočítaný rozdiel obsahu pôdných častíc (kladný ale aj záporný) vypočítaný pre všetky nasledujúce odbery v konkrétnom poraste a roku. Vyššie definovanú veľkosť plochy grafu budeme pre zjednodušenie označovať ako **veľkosť zmeny frakcie X**. Pričom X je možné vyjadriť ako:

$$X = \int_0^l (r = f(l)) dl \quad (4.3)$$

kde:  $l$  - vzdialenosť odberného miesta od rozvodnice [m]

Pre znázornenie veľkosti zmeny frakcie X sme použili graf rozdielov obsahu jemného piesku (0,05-0,1 mm), kde veľkosť zmeny frakcie jemného piesku je znázornená na obrázku 4.3 šrafovanou plochou (červená farba).

*Obrázok 4.3:* Graf rozdielov obsahu frakcie jemného piesku a veľkosť zmeny frakcie jemného piesku v poraste kukurice siatej vypočítané pre odberný termín 23.8.2002



Na vyhodnotenie vplyvu konkrétnej pestovanej plodiny na intenzitu vodnej erózie sme použili sumu veľkostí zmien I. až IV. frakcie, ktorá komplexne vyjadruje veľkosť zmeny zrnitostného zastúpenia všetkých frakcií po celej dĺžke svahu, voči ich zastúpeniu na začiatku monitorovacieho obdobia. Uvedenú veličinu budeme pre zjednodušenie označovať ako **veľkosť zmeny textúry Y**. Pričom Y je možné vyjadriť ako:

$$Y = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 \quad (4.4)$$

kde:  $X_1 \dots X_4$  - veľkosti zmeny I. až IV. frakcie pôdnej vzorky

Pre veľkosť zmeny textúry platí, že čím je jej hodnota vyššia, tým došlo k väčšej zmene zrnitostného zloženia pôdy, čo znamená že aj k intenzívnejšiemu procesu erózie pôdy.

### Sumárne vyhodnotenie analýz zrnitostného zloženia povrchu pôdy v porastoch pestovaných v rokoch 2002-2005

Z analýz zrnitostného zloženia povrchovej vrstvy pôdy sme dospeli k nasledovným výsledkom. Z analyzovaných pôdnych vzoriek sme zistili, že pri všetkých porastoch pestovaných na záujmovej lokalite v rokoch 2002 – 2005 došlo k zmene zrnitostného zloženia povrchovej 2 cm vrstvy pôdy. Na základe výsledkov analýz zrnitostného zloženia povrchovej vrstvy pôdy odoberanej v rôznych častiach svahov a v jednotlivých porastoch, ako aj výsledkov veľkostí zmeny frakcií vyplýva, že najväčšiu zmenu zrnitostného zloženia pôdy vykazuje II. frakcia, teda častice prachu (0,01-0,05 mm). Tento výsledok sa zhoduje s výsledkami Fulajtára a Jánskeho (2001) ako aj Štefanka (1995). Ílové častice (< 0,01 mm) a častice práškoveho piesku (0,05-0,1 mm) menia vplyvom erózneho procesu svoje zastúpenie v povrchových vrstvách pôdy približne rovnako. Najstabilnejšie voči účinkom vodnej erózie pôdy sú častice piesku (0,1-2,0 mm). Zistená zmena IV. frakcie je neporovnateľne menšia od ostatných prvých troch frakcií. Frakcia fyzikálneho ílu nemení svoje zastúpenie v takej miere ako frakcia hrubého ílu.

Dosiahnuté výsledky pomocou nami zadaných metodík na analýzu zrnitosti potvrdili závery doterajších výskumov, že k erózií pôdy dochádza iba v niekoľkých výnimočných prípadoch v roku, kedy viaceré erózne činitele a podmienky dosiahnu kritickú hodnotu. To znamená, že aby k erózne aktivite došlo, musia sa intenzívne dažde s vysokou eróznou účinnosťou vyskytnúť v období, kedy je pôda slabo chránená rastlinným krytom a málo odolná voči erózií. Z toho dôvodu naše výsledky (viď tabuľka 4.3) nie vždy korešponovali s doteraz zisteným poradím rastlín podľa ich protierózneho účinku (napr. podľa Soukupa, Tomana, Kováča, Černého,...), ktorý vyjadrujeme faktorom ochranného vplyvu vegetácie. Konkrétne povedané, plodiny pri ktorých sme predpokladali, že budú viac chrániť povrch pôdy a tým zabráni vyplavovaniu pôdnych častíc z jej povrchu náš predpoklad nepotvrdili. Intenzita erózneho procesu počas ich pestovania na pôde bola vyššia, hlavne v období vzchádzania, teda v období nízkeho zapojenia porastu a zároveň výskytu intenzívnych privalových dažďov s eróznym účinkom, s porovnaním s plodinami, ktoré majú nižší protierózny účinok. Takýmito plodinami, ktoré nedostatočne chránili povrch pôdy pred účinkom vodnej erózie boli kapusta repková pravá a pšenica letná, forma ozimná. Naopak pri pestovaní slnečnice ročnej a maku siateho, plodín ktoré sú zaradené medzi porasty s nízkym protieróznym účinkom, nedošlo k intenzívnemu vyplavovaniu pôdnych častíc z povrchu pôdy a teda ani k intenzívnemu procesu vodnej erózie, nakoľko sa privalové dažde spôsobujúce eróziu pôdy vyskytli počas ich pestovania v období, kedy pomerne dobre chránili povrch pôdy pred účinkami vodnej erózie. Celkovo v rámci nášho monitoringu vykonaného na záujmovej ploche v rokoch 2002-2005 sme zistili, že k najintenzívnejšiemu procesu vodnej erózie pôdy došlo pri pestovaní plodín v nasledovnom poradí (od najintenzívnejšieho po najmiernejší): 1. kukurica siata, 2. tekvica obyčajná, 3. kapusta repková pravá, 4. pšenica letná, forma ozimná, 5. jačmeň siaty, forma jarná, 6. mak siaty, 7. slnečnica ročná.

*Tabuľka 4.3: Prehľad vypočítaných veľkostí zmeny textúry jednotlivých čiastkových monitorovacích období plodín, ako aj celého monitorovacieho obdobia plodín pestovaných v rokoch 2002 – 2005*

Rok	Hon	Plodina	Termín odberu	Veľkosť zmeny textúry ČMO	Veľkosť zmeny textúry plodiny	Poradie plodín podľa intenzity erózie
2002	B	kukurica siata	29 6 2002			1.
			23 8 2002	6801,98	6561,12	
			2 10 2002	6320,27		
2003	A	slničnica ročná	13 5 2003			7.
			17 9 2003	2383,04	2383,04	
	B	jačmeň siaty, forma jarná	29 4 2003			5.
			16 6 2003	1944,78	3025,48	
			1 7 2003	4106,17		
2004	A	tekvica obyčajná	14 5 2004			2.
			10 6 2004	5609,29	6114,23	
			12 8 2004	6619,16		
	B	kapusta repková pravá	30 3 2004			3.
			14 5 2004	2587,74	4663,55	
			10 6 2004	4957,28		
2005	A	mak siaty	12 5 2005			6.
			8 6 2005	3914,47	2919,57	
			7 7 2005	3133,72		
			19 7 2005	2426,34		
			25 8 2005	2203,75		
	B	pšenica letná, forma ozimná	13 4 2005			4.
			24 5 2005	5238,44	4137,00	
			28 6 2005	3570,29		
			19 7 2005	3602,26		

### Sumárne vyhodnotenie maximálnej pomernej zmeny textúry (Holého metódy)

Pri všetkých plodinách pestovaných na svahu sme zistili, že vývoj zmeny zrnitosti povrchovej vrstvy pôdy na svahu analyzovaný pomocou charakteristiky pôdnej textúry nebol rovnomerný. Všeobecne platí, že k najväčšiemu vyplavovaniu pôdnych častíc dochádzalo vo všetkých porastoch a na oboch honoch v poslednej tretine svahu, najbližšej k údolnici.

Na základe výpočtu hodnoty charakteristiky pôdnej textúry pre každé odberné miesto na svahu, každý termín ako aj každú plodinu pestovanú na záujmovej lokalite a následne stanovenia maximálnej pomernej zmeny textúry pre určenie stupňa intenzity príslušného erózneho procesu sme zistili, že počas pestovania plodín v rokoch 2003 až 2005 na hone „A“ došlo k selektívnej vodnej erózii I. stupňa. Z vypočítaných výsledkov zároveň vyplýva, že najnižší protierózny účinok vykazuje tekvica obyčajná pestovaná v roku 2004 a porast maku siateho pestovaný na hone „A“ v roku 2005.

Počas pestovania plodín na hone „B“ došlo podobne ako tomu bolo na hone „A“ takmer vo všetkých monitorovacích obdobiach jednotlivých plodín k selektívnej vodnej erózii I. stupňa a pre zabránenie vzniku, resp. zníženie vplyvu účinkom vodnej erózie postačia na celom pôdnom celku agrotechnické opatrenia. Z vypočítaných výsledkov zároveň vyplýva, že najnižší protierózny účinok z pestovaných plodín vykazuje kukurica siata pestovaná v roku 2002, naopak najvyšší kapusta repková pravá, pestovaná v roku 2004. Ochranný účinok jačmeňa siateho a pšenice letnej, formy ozimnej je približne vyrovnaný.

## 5 ZÁVERY

Analýzou zrážkových pomerov v priebehu vegetačných období rokov 2002 až 2005



sme v každom z týchto vegetačných období zistili výskyt intenzívnych zrážok spôsobujúcich eróziu pôdy. Najvyššiu eróznou účinnosť vyjadrenú pomocou dažďového faktora R dosiahli dažde spadnuté v roku 2002 a v roku 2005. V rokoch 2003 a 2004 bol výskyt a sila týchto intenzívnych zrážok približne rovnaká. Pri percentuálnom rozdelení dažďového faktora R v priebehu všetkých vegetačných období rokov 2002-2005 sme zistili, že najväčšie zastúpenie mali zrážky spôsobujúce eróziu pôdy v mesiaci júl (56 %) a august (19%), kým ich výskyt a intenzita klesala smerom od apríla (10%) po jún (7 %).

Dosiahnuté výsledky pomocou nami zadefinovanej metodiky na analýzu zrnitosti potvrdili závery doterajších výskumov, že k erózii pôdy dochádza iba v niekoľkých výnimočných prípadoch v roku, kedy viaceré erózne činitele a podmienky dosiahnu kritickú hodnotu (intenzívne dažde s vysokou eróznou účinnosťou sa vyskytnú v období, kedy je pôda slabo chránená rastlinným krytom). Z toho dôvodu naše výsledky nie vždy korešpondovali s doteraz zisteným poradím rastlín podľa ich protierózneho účinku (napr. podľa Soukupa, Tomana, Kováča,...), ktorý vyjadrujeme faktorom ochranného vplyvu vegetácie C. Celkovo v rámci nášho monitoringu sme zistili, že k najintenzívnejšiemu procesu vodnej erózie pôdy došlo pri pestovaní plodín v nasledovnom poradí (od najintenzívnejšieho po najmiernejší): 1. kukurica siata, 2. tekvica obyčajná, 3. kapusta repková pravá, 4. pšenica letná, forma ozimná, 5. jačmeň siaty, forma jarná, 6. mak siaty, 7. slnečnica ročná.

Pri hodnotení zrážkovo-odtokového procesu z hľadiska vodnej erózie sme zistili, že výška povrchového odtoku vypočítaná pre monitorované obdobia jednotlivých plodín sa nezhoduje s vypočítanou hodnotou veľkosti zmeny textúry jednotlivých plodín. Kým napríklad k najväčšiemu povrchovému odtoku dochádzalo v poraste maku siateho (1,63 mm), tekvice obyčajnej (1,17 mm) a slnečnice ročnej (0,30 mm), podľa veľkosti zmeny textúry došlo k najväčšej zmene zrnitosti a teda k najintenzívnejšiemu eróznemu procesu v porastoch kukurice siatej, tekvice obyčajnej a kapusty repkovej. Dôvodom tejto rozdielnosti je pravdepodobne to, že výpočet výšky povrchového odtoku pomocou hodnoty CN presne nezohľadňuje ochranný účinok rastlín, ktorý sa dynamicky mení v priebehu ich rastových období. Na druhej strane vyhodnotenie intenzity erózneho procesu pomocou veľkosti zmeny textúry hodnotí výsledný efekt vodnej erózie na pôdu za celé monitorované obdobie a „zakrýva“ jednotlivé zrážkové udalosti, ktoré vznik erózie vyvolali.

Na základe výpočtu charakteristiky pôdnej textúry, pre jednotlivé odberné miesta na svahu, v rôznych termínoch a pri pestovaní rozdielnych plodín, a z nej stanovenej maximálnej pomernej zmeny textúry sme zistili, že územie bolo počas sledovaných rokov postihnuté selektívnou plošnou eróziou 1. stupňa. Pôda postihnutá selektívnou plošnou eróziou 1. stupňa

vyžaduje dodržiavanie agrotechnickej ochrany, ktorá je bližšie uvedená v zákone č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy, ako aj v STN 75 4501 Hydromeliorácie. Po prehodnotení doporučených organizačných a agrotechnických opatrení a na druhej strane po analýze reálnej situácie na záujmovej lokalite odporúčame na pôdnom celku č. 26 aplikovať oševné postupy s vyšším protieróznym účinkom. Z agrotechnických opatrení doporučujeme intenzívnejšie aplikovať protieróznu agrotechniku akou je napr. vrstevnicová orba, pôdoochranná agrotechnika a mulčovanie ako aj rotácia plodín s pôdoochranným účinkom.

Pri porovnaní výsledkov Holého metódy a nami navrhutej metodiky analýzy zrnitostného zloženia pôdy na stanovenie intenzity vodnej erózie sme zistili zhodu týchto výsledkov. Zároveň sme zistili, že Holého metóda nezohľadňuje vývoj zmeny zrnitosti po celej dĺžke svahu, ako je to v prípade výpočtu veľkosti zmeny textúry, ale je závislá od jednej hodnoty a to zrnitostného zloženia pôdy na mieste kde došlo k maximálnej strate pôdných častíc z celej dĺžky svahu. Táto hodnota nie je vždy reprezentatívnou. Na základe uvedeného usudzujeme, že nami navrhnutá metodika poskytuje hodnovernejšie výsledky intenzity erózneho procesu v porovnaní s Holého metódou.

Nami navrhnutá metodika analýzy zmeny zrnitostného zloženia povrchovej vrstvy pôdy na stanovenie intenzity vodnej erózie sa javí ako metóda veľmi citlivo reagujúca na v priebehu roka meniace sa charakteristiky prostredia, akými sú predovšetkým zrážkové pomery a jednotlivé obdobia rastlín s rozdielnym ochranným účinkom na pôdu a vyhodnocuje celkový dopad procesu vodnej erózie na pôdu. Na základe toho odporúčame ďalej pokračovať v štúdiu tejto metódy a po jej dopracovaní a zjednodušení aplikovať v bežnej poľnohospodárskej praxi ako jednoduchú, časovo a investične nenáročnú metódu na posúdenie intenzity erózneho procesu v prevádzkových podmienkach.

## **6 VÝBER Z POUŽITEJ LITERATÚRY**

1. ALENA, F. 1991. Protierózna ochrana na ornej pôde. : Metodická pomôcka. Bratislava : Štátna melioračná správa, 1991, 191 s.
2. ANTAL, J. 1989. Ochrana pôdy a lesotechnické meliorácie. 2. vyd. Bratislava : Príroda. 1989, 208 s. ISBN 80-07-00161-1.
3. ANTAL, J. 1999. Agrohydrologia. 2. vyd. Nitra : SPU. 1999, 168 s. ISBN 80-7137-610-8.
4. ANTAL, J. 2002. Monitorovanie a zhodnotenie vývoja vodnej erózie na poľnohospodárskej pôde v záujmovom území. : Ročná správa subdodávky pre úlohu „ČIASTKOVÝ MONITOROVACÍ SYSTÉM – GEOLOGICKÉ FAKTORY Subsystem

- 02 – ERÓZNE PROCESY“. Nitra : SPU, 2002, 30 s.
5. ANTAL, J., FÍDLER, J. a i. 1989. Poľnohospodárske meliorácie. Bratislava : Príroda. 1989, 472 s. ISBN 80-07-00011-9.
  6. FULAJTÁR, E. 2002. Stanovenie intenzity erózie na poľnohospodárskych pôdach Slovenska pomocou deluometrických meraní a metód 137 Cs : doktorandská dizertačná práca. Bratislava : VÚPÚ, 2002. 121 s.
  7. FULAJTÁR, E., JANSKÝ, J. 2001. Vodná erózia pôdy a protierózna ochrana. Bratislava : VÚPOP. 2001, 310 s. ISBN 80-85361-85-X.
  8. HOLÝ, M. 1978. Protierozní ochrana. Praha : SNTL. 1978, 288 s.
  9. HOLÝ, M., DVOŘÁK, P. 1960. Výzkum vodní a větrné eroze (Mapování a klasifikace erosních jevů, účinnost některých protierozních opatření). : Závěrečná zpráva II. etapy. Praha : ČVUT. 1960, 96 s.
  10. JANEČEK, M. 1992. Ochrana půdy před erozí : metodika. Praha : ÚVTIZ. 1992, 110 s.
  11. KOVÁČ, K. 1998. Protierózna ochranná funkcia plodín. In: Trvalo udržateľná úrodnosť pôdy a protierózna ochrana : Zborník referátov z odbornej konferencie. Bratislava : VÚPÚ, 1998, s. 323-330.
  12. MALÍŠEK, A. 1992. Optimálna dĺžka svahu v závislosti na vodnej erózii. In: Vedecké práce VÚPÚ. Bratislava : VUPOP, 1992, s. 201-220.
  13. SOUKUP, M., HRÁDEK, F. 1999. Optimální regulace povrchového odtoku z povodí. Praha : VÚMOP. 1999, 98 s. ISSN 1211-3972.
  14. STN 75 4501: 2000, Hydromeliorácie. Protierózna ochrana poľnohospodárskej pôdy. Základné ustanovenia.
  15. ŠTEFANKO, P. 1995. Analýza vplyvu vzdialenosti od rozvodnice na zrnitosť a chemické zloženie ornice : diplomová práca. Nitra : VŠP, 1995. 54 s.
  16. TOMAN, F. 1999. Vliv klimatických podmínek na výskyt vodní eroze v oblasti jižní Moravy. Brno : MZLU. 1999, 54 s. ISBN 80-7157-371-X.
  17. TOMAN, F. 2000. Využití zemědělského půdního fondu v oblasti jižní Moravy z hlediska jeho ohrožení vodní erozí. Brno : MZLU. 2000, 47 s. ISBN 80-7157-465-1.
  18. WISCHMEIER, W. H., SMITH, D. D. 1978. Predicting rainfall erosion losses. Maryland : SEA USDA Hystaville, 58 s.
  19. ZACHAR, D. 1970. Erózia pôdy. Bratislava : SAV. 1970.
  20. ZÁKON č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona č. 245/2003 Z z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov.

## **7 ZOZNAM PUBLIKOVANÝCH PRÁC AUTORA SÚVISIACICH S RIEŠENOU PROBLEMATIKOU A OHLASY NA PUBLIKOVANÉ PRÁCE**

ADF01 064197

Kvantifikácia vplyvu líniových stavieb na intenzitu vodnej erózie pôdy z pohľadu zákona NR SR č. 127/1994 Z.z. o posudzovaní vplyvov na životné prostredie = Impact quantification of line structure on soil water erosion intensity from the point of view the environment impact assessment act N 127/1994 Z.z. NR SR / Jaroslav Antal, Martina Maceková. In: Acta horticulturae et regiotecturae. - Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 1998-. - Roč. 6, mimoriadne číslo (2003), s. 1-3

ADF02 064399

Zmeny zrnitostného zloženia pôdy na svahu vplyvom vodnej erózie = Changes in soil texture on the slope as affected by water erosion / Jaroslav Antal, Martina Maceková. In: Acta horticulturae et regiotecturae. - Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 1998-. - Roč. 6, č. 2 (2003), s. 29-32

AFD01 067113

Výskyt erózie účinných dažďov v okolí Nitry v roku 2002 = Occurrence of erosive storms of the town Nitra in the year 2002 / Martina Maceková, Jaroslav Antal. - Požiadavky na systém: Windows 95 a vyššie; CD-ROM mechanika. In: Veda mladých 2003 [elektronický zdroj] = Young science 2003 : 1. medzinárodná vedecká konferencia, Račkova dolina 6.-7. novembra 2003 = 1. international scientific conference / editori: Klaudia Pariláková, Dušan Igaz, Miloslav Mucha. - Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2003. - ISBN 80-8069-264-5. - S. 106-111

AFD02 070124

Zmeny zrnitostného zloženia povrchovej vrstvy pôdy pod porastom slnečnice ročnej v roku 2003 = Soil surface layer composition textural changes under the sunflower cover in 2003 / Jaroslav Antal, Martina Maceková. - Požiadavky na systém: Windows 98 a vyššie; CD-ROM mechanika. In: Tretie pôdoznalecké dni v SR [elektronický zdroj] : zborník referátov z vedeckej konferencie pôdoznalcov SR, Mojmírovce pri Nitre 22.-24. jún 2004. - Bratislava : Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, 2004. - ISBN 80-89128-11-4. - S. 15-22

AFD03 076505

Monitoring vodnej erózie - teória a prax = Monitoring of water erosion - theory and practice / Jaroslav Antal, Martina Maceková, Tomáš Štreit. - Požiadavky na systém: Windows95 a vyššie; CD-ROM mechanika. - Bol vydaný aj abstrakt tohto článku. In: Lesnícke stavby a meliorácie vo vzťahu k prírodnému prostrediu [elektronický zdroj]. - Zvolen : Technická univerzita Zvolen, 2004. - S. 5-29

AFD04 079144

Monitoring vodnej erózie = Monitoring of water erosion / Jaroslav Antal, Martina Maceková. - Požiadavky na systém: Windows95 a vyššie; CD-ROM mechanika. In: Bioklimatologické pracovné dni 2003 [elektronický zdroj] = International bioclimatological workshop 2003 : funkcia energetickej a vodnej bilancie v bioklimatických systémoch : medzinárodná vedecká konferencia, 2.-4. september 2003, Račkova dolina. - Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2003. - ISBN 80-8069-244-0

AFL01 071784

Výskyt erózne účinných dažďov v okolí Nítry = Erosive storms in surrounding of the town Nitra / Martina Maceková. - Požiadavky na systém: Windows 95 a vyššie; CD-ROM mechanika. - Spôsob prístupu:

[http://www.slpk.sk/eldo/bioklimatologicke\\_dni2004/Macekova.pdf](http://www.slpk.sk/eldo/bioklimatologicke_dni2004/Macekova.pdf). In: Bioklimatologické pracovné dni 2004 [elektronický zdroj] : Zmeny podnebia - Extrémny počasie - Organizmy a ekosystémy : medzinárodná vedecká konferencia Nitra, 23.-26. august 2004. - Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2004. - ISBN 80-8069-402-8

AEC01 079655 2006/SPUFZK01/1

Surface runoff and water erosion in the area of Kolinany, in 2003 / Martina Mikušová, Tomáš Štreit, Jaroslav Antal. In: Assessing of soil and water conditions in forests. - Warsaw : Forest Research Institute, 2006. - ISBN 83-87647-52-7. - S. 47-56

AFC01 074098 2005/3/SPUFZK01

Erodomerné valce - nenáročná a relatívne presná metóda merania vodnej erózie = Erosion-measuring cylinders - a non-demanding and relatively accurate method of measurement of water erosion / Jaroslav Antal, Martina Mikušová. - Požiadavky na systém: Windows 98 a vyššie; CD-ROM mechanika. In: Bioklimatologie současnosti a budoucnosti [elektronický zdroj] : XV. československá bioklimatologická konference, Křtiny 12.-14. 9. 2005. - Lednice na Moravě : Česká bioklimatologická společnost, 2005. - ISBN 80-86690-31-08. - S. 11-12

AFC02 077219 2005/21/SPUFZK01

Zmeny zrnitostného zloženia pôdy - možný indikátor vodnej erózie pôdy = Jaroslav Antal, Martina Mikušová. In: Voda v krajine 21. století : krajinné inženýrství 2005 : sborník z konference, 8. a 9. prosince 2005, Pardubice. - Pardubice : Česká společnost krajinných inženýrů, 2005. - ISBN 80-903258-4-X. - S. 222-229

AFD01 076414

Využitie GIS na výpočet intenzity vodnej erózie na obhospodarovanej pôde VPP Koliňany = GIS exploitation for investigation of water erosion on arable land VPP Koliňany / M. Mikušová, M. Chlapečka. - Požiadavky na systém: Windows 95 a vyššie; CD-ROM mechanika. - Spôsob prístupu: [www.slpk.sk/eldo/2006/007\\_06/mikusova\\_m.pdf](http://www.slpk.sk/eldo/2006/007_06/mikusova_m.pdf). In: Veda mladých 2005 [elektronický zdroj] : III. medzinárodná vedecká konferencia : zborník vedeckých príspevkov, Galanta - Kaskády 21.- 22. septembra 2005. - Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2005. - ISBN 80-8069-585-7. - S. 80-88

AFD02 077538

Zmeny výšky povrchu pôdy pod porastom ozimnej repky - indikátor vodnej erózie pôdy / Martina Mikušová, Jaroslav Antal. In: Štvrté pôdoznalecké dni v SR : zborník referátov z vedeckej konferencie pôdoznalcov SR, Čingov, 14.-16.6.2005. - Bratislava : Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, 2005. - ISBN 80-89128-18-1. - S. 238-244

AFG01 076435 2005/19/SPUFZK01

Surface runoff and water erosion in the area of Kolinany, in 2003 / Martina Mikušová, Tomáš Štreit, Jaroslav Antal. In: Assessing of soil and water conditions in forests : international summer school, Sekocin Las- Białowieża, 29 August - 9 September 2005 : abstracts. - Varšava : Forest Research Institute, 2005. - S. 8

AFG02 077393 2005/22/SPUFZK01

Analyze of possibilities of water erosion intensity measurement on the cultivated arable land / Jaroslav Antal, Martina Mikušová. In: Reorganizing field and landscape structures in a context of building strategies for water and soil protection : book of abstracts, Lublin, September 15-17, 2005. - Lublin : Polish Academy of Sciences, 2005. - S. 2

AFH01            077793

GIS exploitation for water erosion investigation on arable land VPP Kolíňany / Mikušová M., Chlapečka M. In: Science of the Youth 2005 : 3rd international scientific conference, 21.-22. september Galanta - Kaskády. - Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2005. - ISBN 80-8069-584-9. - S. 31-32