

Modelové riešenie povrchového odtoku z poľnohospodársky využívaného územia

Zuzana Némětová, Barbora Vaseková

Anotácia

Príspevok sa zaoberá určovaním povrchového odtoku z modelového územia prostredníctvom viacerých metód modelovania. Modelovým územím je zostrojený model v laboratóriu simulujúci povodie a vybraná časť povodia v katastrálnom území Jelšovce, ktorá je reálne ohrozená vodnou eróziou, najmä kvôli vysokému sklonu (lokálne do 10°). Pri riešení problematiky bol použitý simulačný model povrchového odtoku SMODERP, ModelBuilder v prostredí Geografických informačných systémoch a metóda CN (metóda čísiel odtokových kriviek). Cieľom práce bolo určenie výšky, objemu a rýchlosti povrchového odtoku laboratórnym pokusom pre ten najhorší scenár – úhor, s následne uskutočnenou komparáciou reálne nameraných údajov, s údajmi získanými pomocou spomenutých metód modelovania. Obdobný postup bol aplikovaný aj pri riešenej časti povodia s dôrazom kladeným na využitie nástrojov GIS pre získanie vstupov do programu SMODERP. Prínosom príspevku je určenie hodnoty objemu odtoku v povodí, s ktorou možno kalkulovať v zmysle návrhu vhodných protierózných opatrení. V závere boli porovnané vypočítané charakteristiky povrchového odtoku zvolenými metódami pre laboratórne meranie a pre vybranú časť povodia.

Kľúčové slová: povrchový odtok, zrážkovo-odtokový proces, CN-metóda, hydrologický model, matematické modelovanie

ANNOTATION

The article is focused on determination surface runoff by several methods of modeling. The model area is a constructed model in laboratory which simulate river basin and choosed part of basin in cadastral area Jelšovce, which is endangered by water erosion mainly due to the high slope (in some place to 10 degree). In the study is used a Simulation Model of Overland Flow and Erosion Processes – SMODERP, ModelBuilder modeled in Geographic information systems and Runoff Curve Number Method. The aim of the study is a calculation height, volume and velocity of surface runoff by laboratory measurements for the worst conditions – land without vegetation and it's comparison with data from used models. The same method was applied in catchement area with emphasis on using of GIS tools for gaining parameters to program SMODERP. Important contribution is determination of surface runoff in selected part of basin and then with this value can limit the erosion measurements. In conclusion, we compared the calculated characteristics of surface runoff by chosen methods for laboratory measurements and for selected catchment area.

Key words: surface runoff, rainfall-runoff processes, SCS-method, hydrological model, mathematical modeling

ÚVOD

V súčasnosti vďaka markantnému rozvoju technológií vieme zistiť informácie o správaní systému aj napriek obtiažnosti, niekedy až neschopnosti, urobiť relevantné závery z originálu. Dlhotrvajúce a pozvoľné procesy, ktoré prebiehajú v „skutočnom svete“ vieme sledovať a ovplyvňovať, dokonca dokážeme urýchliť proces poznania reality. Toto všetko je možné prostredníctvom modelov, presnejšie, matematických modelov. Všeobecný pojem modelovanie znamená nahradenie uvažovaného objektu tzv. kvázi objektom alebo modelom, pričom model imituje, resp. napodobňuje vybrané aspekty nášho objektu záujmu, ktoré sú v štúdiu považované za dôležité. Model je možné charakterizovať aj ako „analógiu reálneho objektu“ umožňujúcu podobnosť, nie však identitu (WMO, 2009). Na druhej strane matematické modelovanie si kladie za cieľ opísať rôzne objekty „reálneho sveta“, ich vzájomné interakcie a dynamiku (Quarteroni, 2009) prostredníctvom vedy študujúcej kvantitatívne vzťahy reálneho sveta, t. j. matematiky (Felber, 1959). A práve hydrológia bolo prvé odvetvie, v ktorom sa začali modely používať, keď sa stali dostupnými v 70-tych rokoch 20. storočia (Jeníček, 2005). Pri spracovaní údajov a interpretácií výsledkov je účelnou vlastnosťou schopnosť komunikácie modelu alebo modelovaného systému s geoinformačnými systémami, čo bolo v prípade našej štúdie využité.

Keďže v súčasnosti sme svedkami zvýšenia extrémov počasia, a s tým spojené väčšie ohrozenie pozemkov, jedným zo spôsobov ako predísť, resp. zmierniť nepriaznivé následky týchto javov, je na základe nových poznatkov vyvíjať matematické modely, ktoré popisujú prírodné procesy. Takýmto modelom je Simulačný Model Povrchového Odtoku, ktorý bol použitý pri riešení tejto štúdie. Modelom SMODERP sa zaoberal Kavka (Kalibrace a validace modelu SMODERP, 2011), kde cieľom práce bola rekalibrácia odtokových pomerov modelu a posunutie modelu na vyšší „level“. V súčasnosti podľa Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy je na Slovensku extrémne ohrozených vodnou eróziou až 23,6 % pôd poľnohospodárskeho pôdneho fondu. Vo všeobecnosti poľnohospodársky obhospodarovaná krajina je v značnej miere ohrozená vodnou eróziou, najmä pri privalových dažďoch dochádza k povrchovému odtoku s tzv. najväčšou eróznou účinnosťou, čím je potvrdená dôležitosť určovania charakteristík povrchového odtoku, čo bolo i primárnym cieľom tejto štúdie.

Riešenie problematiky tejto štúdie pozostáva z dvoch častí, z laboratórneho merania a z terénneho prieskumu. Prvá časť práce je realizovaná prostredníctvom zostrojeného modelu a následnej aplikácie nameraných údajov do modelov so vzájomným porovnaním (zistenie najmä toho, ako sa zhodujú reálne namerané charakteristiky s výstupmi z modelov). Druhá časť práce pozostáva z terénneho prieskumu vykonaného vo vybranej časti povodia v k. ú. obce Jelšovce a zisťovaní charakteristík povrchového odtoku v modeli SMODERP, v ModelBuilderi v prostredí GIS a metódou CN so vzájomným porovnaním dosiahnutých výstupov.

MATERIÁL A METODIKA PRÁCE

Metóda CN (nazývaná aj metóda čísiel odtokových kriviek) patrí medzi rozšírené metódy určovania odtokovej výšky (H_{op}), objemu odtoku (O_{op}) z poľnohospodársky využívaného územia (Mockus, 1964). CN metóda je založená na experimentálnom výskume, to znamená výpočtové rovnice sú empirické. Podstata CN-metódy spočíva v tom, že je odvodená na základe mnohoročných meraní i pozorovaní práve z poľnohospodársky využívaných území, a preto aj

vstupné údaje pre výpočet povrchového odtoku podľa tejto metódy poskytujú podrobnú charakteristiku, nielen hydrologických pomerov, ale aj spôsobu poľnohospodárskeho využívania pôdy, čo je obzvlášť výhodné na zabezpečenie protieróznej ochrany pôdy v povodí. Rozpätie CN-metódy určené na základe menovaných charakteristík sa pohybuje od 0-100. Výpočet výšky a objemu povrchového odtoku sa kvantifikuje na základe týchto vzťahov (Antal, 2014):

a) výpočet potenciálnej retencie – A [mm]:

$$A = 25,4 \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

b) výpočet výšky povrchového odtoku – $H_{O,p}$ [mm]:

$$H_{O,p} = \frac{(H_{D,N} - 0,2 \cdot A^2)}{H_{D,N} + 0,8 \cdot A}$$

c) výpočet objemu povrchového odtoku – $O_{O,p}$ [m³]:

$$O_{O,p} = 1000 \cdot H_{O,p} \cdot S_p$$

POPIS ZOSTROJENÉHO MODELU V LABORATÓRIU

Simulovanie povrchového odtoku v laboratóriu sme uskutočnili prostredníctvom „modelu“, ktorý napodobňoval pozemok s ornou pôdou. Uvažovali sme s pôdou bez vegetácie. Meniacim sa faktorom bol sklon, ktorý je najdôležitejším ukazovateľom pre hodnotenie rýchlosti, a tým aj množstva povrchového odtoku vody po povrchu územia. Pri jednotlivých meraniach boli použité tri rôzne sklony. Začali sme najmenším sklonom, ktorý predstavoval 10,36 °, potom 15,64 ° a najväčší sklon reprezentoval hodnotu 21,94 °. Na zostrojenie samotného modelu sme použili nádobu s pôdou (obr. 1). Jednotlivé sklony boli simulované prostredníctvom hliníkových stojanov, ktoré tvorili hlavné ťažisko opory spomínanej nádoby. Počas merania sme dostávali na povrch vodu pomocou odmernej nádoby s konštantným objemom pri všetkých typoch, čo predstavovalo 0,5 dm³ vody. Na to, aby voda rovnomerne vytekala po ploche, slúžili hadice vyrobené z mäkkého PVC, kde duša a plášť sú transparentné (číre) s priemerom jeden centimeter. Ich veľkou výhodou bola tvarová stálosť. Do tejto hadice bolo potrebné vyrezať rovnomerné otvory, aby mohla voda rovnomerne vytekať po celej ploche. Jednotlivé merania sa vykonávali štyrikrát kvôli eliminácii nepresností.

Parametre pôdy použitej pre laboratórny výskum

Tab. 1 Charakteristiky použitej pôdy

Oblasť	Malanta
Označenie druhu pôdy podľa Nováka	Hlinitá
Pôdny typ	Hnedozem typická
Názov kategórie	Stredne ťažká
Obsah častíc I. kategórie	30-45 %



Obr. 1 Zostrojený model

POPIS MODELU SMODERP

Pre dosiahnutie cieľov tejto štúdie bol použitý Simulačný Model Povrchového Odtoku a Erózneho Procesu (SMODERP), ktorý sa zaoberá zrážkovo-odtokovými vzťahmi a eróznymi procesmi na svahu. Model povrchového odtoku je odvodený z rovnice kontinuity a pohybovej rovnice. Vzťahy a parametre pre povrchový odtok boli určené pre rozličné pôdne druhy na základe výskumu (Holý, 1984). Simulačný model je dlhodobo vyvíjaný na Katedre Hydromeliórií a Krajinného inžinierstva na ČVUT v Prahe. Ide o jednorozmerný model, epizódny a čiastočne delený model. Umožňuje simuláciu plošného povrchového odtoku a rovnako aj erózných procesov zo zrážok premenlivej intenzity (Vrána, et al., 1996).

Simulácia povrchového odtoku je založená na rozdelení svahu na homogénne úseky a v jednotlivých elementoch úseku sa stanovuje množstvo uvoľnených pôdných častíc a kapacita povrchového odtoku. Model patrí medzi fyzikálne založené modely (white-box) a zahrňuje proces infiltrácie, ktorého základom je Phillipova infiltračná rovnica. Bola zvolená predovšetkým pre relatívne malý počet nutných vstupných parametrov. Napriek tomu autori modelu si boli vedomí nedostatku tejto rovnice, ktorý vyplýva z podmienok, za ktorých bola odvodená (Kavka, 2011). Prvá verzia modelu vznikla na základe meraní získavaných už od roku 1984 a jeho prvé matematické odvodenie bolo zrealizované v roku 1989. Od tejto doby prešiel modifikáciami a je využívaný v projekčnej praxi. V štúdiu sa pracuje s verziou modelu 10.01.

Model SMODERP je používaný predovšetkým na:

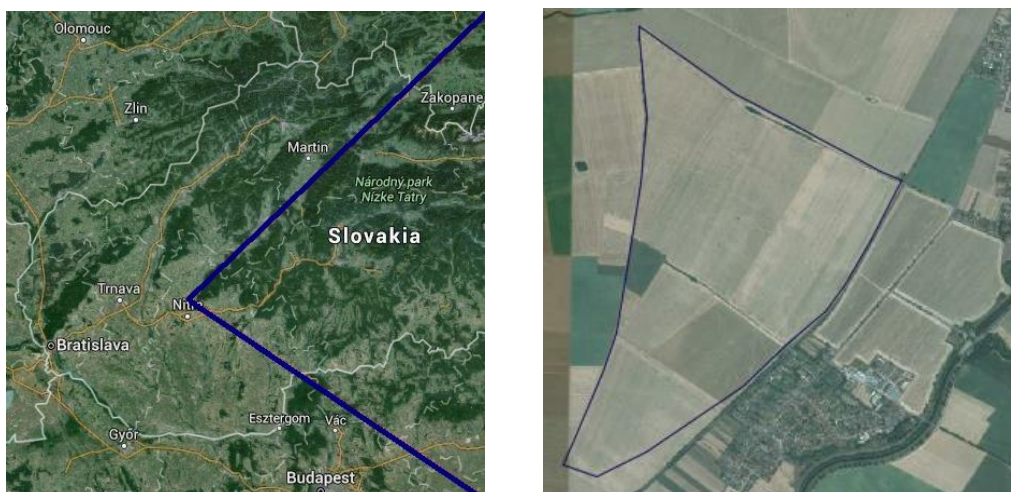
- určenie charakteristík povrchového odtoku (objem odtoku, rýchlosť povrchového odtoku, kulminačný prietok) vo zvolených profiloch vyšetrovaného svahu a vo zvolených časových intervaloch od začiatku zrážky,
- určenie prípustnej dĺžky pozemku v smere sklonu (odtoku).

Vstupné údaje sa rozdeľujú do štyroch hlavných skupín (Vrána et al., 2013):

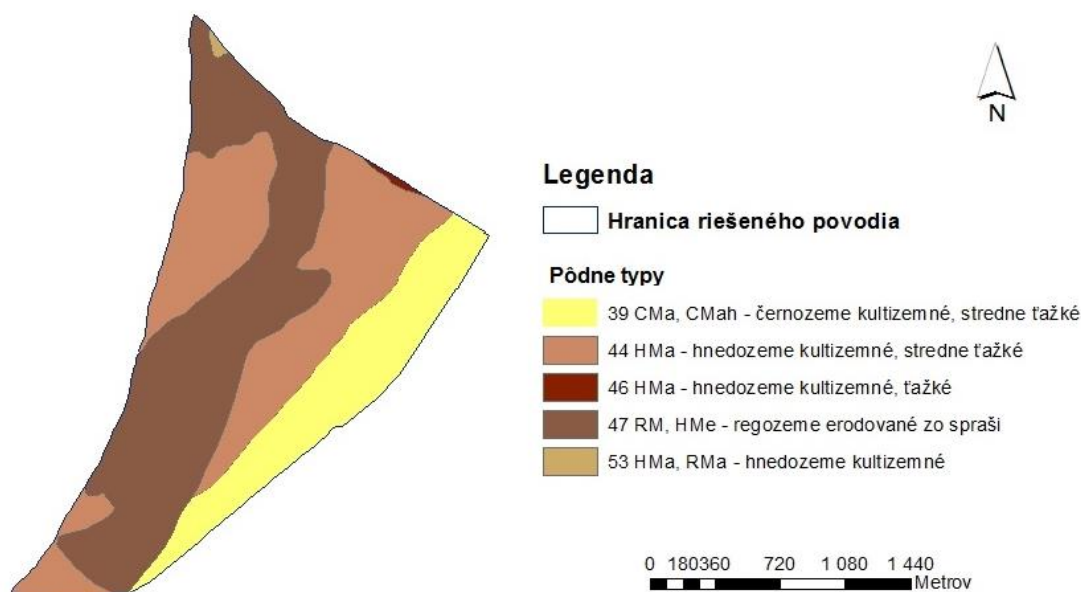
1. Morfologické údaje – sem patrí stanovenie sklonu svahu. Využívajú sa vodorovné vzdialenosti medzi vrstevnicami, odčítanie z mapy v smere sklonu svahu, resp. v smere dráhy povrchového odtoku.
2. Pedologické (pôdne charakteristiky) – pôdne druhy v modeli sú rozlišované na základe Novákovej klasifikačnej stupnice podľa obsahu zŕn I. kategórie.
3. Údaje o vegetačnom kryte – v prípade vegetačného krytu ide o zadanie plodiny, ktorá sa predpokladá na pozemku v dobe výskytu návrhovej zrážky.
4. Zrážkové údaje – časový priebeh zrážok je dôležitý pre výslednú hodnotu povrchového odtoku. SMODERP je epizodny model, pracuje s jednotlivou zrážkou. Vstupnými parametrami je úhrn zrážok (mm) a doba trvania zrážok (min). V prípade posúdenia eróznej ohrozenosti pozemkov sa volia návrhové zrážky s určitou dobou opakovania.

POPIS RIEŠENÉHO ÚZEMIA

Obec Jelšovce je lokalizovaná v Nitrianskom kraji a je vzdialená 8 km od krajského a okresného mesta Nitra (obr. 2). Svojím počtom obyvateľov sa zaraďuje do kategórie malých obcí. Hlavná oblasť záujmu obce je fixovaná na intenzívnu poľnohospodársku výrobu, ktorej rozvoj podmieňujú produkčné až vysokoprodukčné orné pôdy. Na nive Nitry prevládajú najmä fluvizeme definované ako kvalitné hlboké vysokoprodukčné orné pôdy, na sprašiach Nitrianskej pahorkatiny sa vyskytujú černozeme. Na strmších svahoch a plošinách sú vyvinuté hnedozeme a hnedozeme erodované (obr. 3). Zábery ornej pôdy vyskytujúce sa v záujmovej území dosahujú 871,47 ha z celkovej rozlohy územia, ktorá predstavuje 1041 ha (t. j. 90,71 % ornej pôdy z celkovej rozlohy).



Obr. 2 Lokalizácia záujmového územia (© 2016 Google Inc.)



Obr. 3 Zastúpenie pôd v záujmovom povodí

Rozsiahle bloky ornej pôdy dosahujú plochu viac ako 100 hektárov, čo je dôsledkom dlhoročnej socialistickej poľnohospodárskej veľkovýroby (obr. 4). Tieto skutočnosti boli identifikované vykonaným terénnym prieskumom a analýzou riešenej časti povodia v prostredí GIS. Okrem iného, rozhrania medzi blokmi nie sú výrazné - v rámci riešeného povodia boli zistené hranice, tvorené iba dočasnými poľnými cestami, bez sprievodného porastu drevín (obr. 5). Otázkou je, prečo vlastne tento stav možno považovať za nepriaznivý? Jedným z dôvodov je skutočnosť, že pokryv pôdy ovplyvňuje akou silou dopadne kvapka na povrch pôdy a ako sa bude dažďová kvapka vsakovať. A keďže v riešenom povodí prevažuje orná pôda riziko vzniku vodnej erózie, a s tým spojené riziko nenávratnej straty pôdy, je omnoho väčšie. Na druhej strane, veľké plochy s nevýraznými hranicami vytvárajú ekologickú bariéru pre niektoré skupiny živočíchov, čím sa automaticky znižuje ekologická kvalita územia.

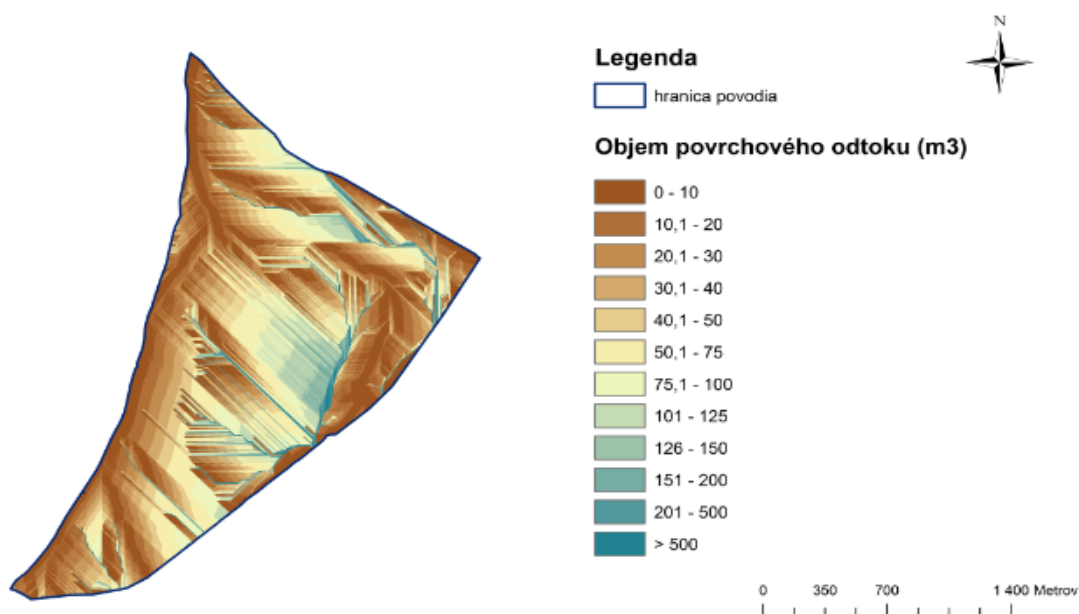


Obr. 4 Rozsiahle bloky ornej pôdy (Németová, 2016)



Obr. 5 Nespevnená poľná cesta tvoriaca hranicu medzi blokmi ornej pôdy

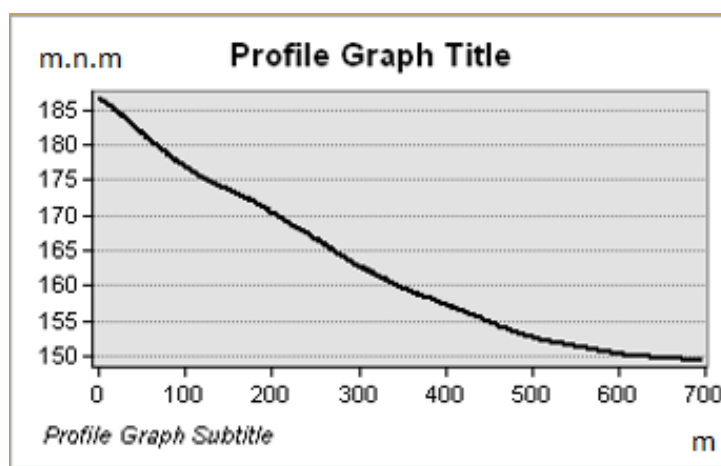
Na výpočet charakteristiky povrchového odtoku sme použili detailný spôsob riešenia CN-metódy v prostredí GIS, ktorý sa vo všeobecnosti považuje za komplexnejší a spočíva v tom, že pre každú jednu zastúpenú CN hodnotu vypočítame výšku potenciálnej retencie (A), ako aj výšku a objem povrchového odtoku **osobitne** (na rozdiel od zjednodušeného spôsobu výpočtu, kde pracujeme s váženým priemerom získaných hodnôt CN, tzv. $CN_{REPR.}$). Výslednou, a zároveň najdôležitejšou charakteristikou pre potreby porovnania s výstupmi zo simulačného modelu, predstavuje objem povrchového odtoku v riešenom povodí (obr. 6).



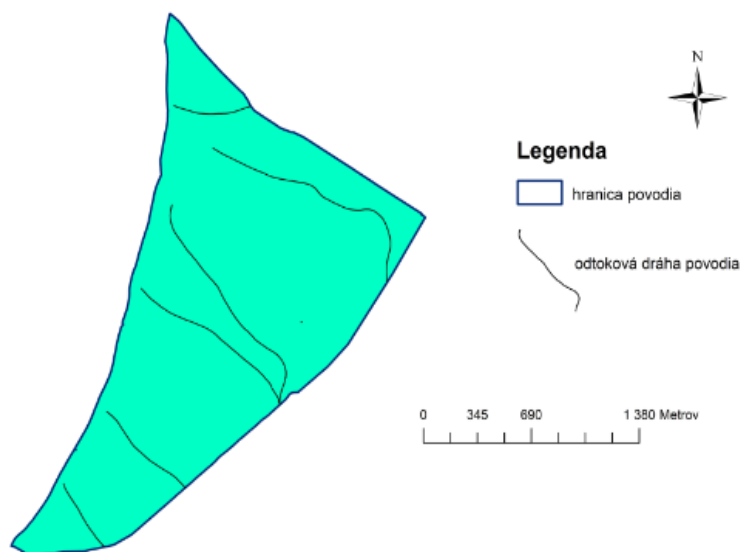
Obr. 6 Objem povrchového odtoku v riešenom povodí

Využitie nástrojov GIS v simulačnom modeli SMODERP

V rámci tejto problematiky boli hľadané postupy, ktoré by uľahčili, zefektívnila a spresnili vstupné hodnoty do programu SMODERP, predovšetkým ide o identifikáciu a tvorbu charakteristických profilov (honov). Nástroj použitý pre potreby tejto štúdie sa nazýva CreateSteepestPath a je súčasťou balíka 3D Analyst. Nástroj pracuje s digitálnym modelom terénu (DMR) a jeho prednosťou je to, že automaticky vytvára dráhu odtoku v smere najväčšieho sklonu do miesta prerušenia alebo do bezodtokových miest (Kavka, 2011). Na obrázku č. 7 je znázornený grafický výstup odtokovej dráhy povodia. Veľkou výhodou je možný export do viacerých súborov, napr. do programu Microsoft Excel, kde sú jednotlivé profiley definované dvojicou čísiel (x, y), pričom vzdialenosť x reprezentuje vzdialenosť od hornej časti svahu a vzdialenosť y nadmorskú výšku (obr. 7). Na príklade uvedeného obrázku môžeme vidieť os y s hodnotou 186,724 a os x s hodnotou 694,047.



Obr. 7 Zobrazenie odtokovej dráhy povodia do krivky



Obr. 8 Odtokové dráhy povodia pomocou nástroja CreateSteepestPath

VÝSLEDKY PRÁCE

Výsledky predkladaného príspevku sa skladajú z dvoch čiastkových meraní. Prvá časť výsledkov práce spočíva v zostrojení modelu, na ktorom sme uskutočnili laboratórne meranie (obr. 1). Údaje namerané pri jednotlivých meraniach v laboratóriu sme použili v simulačnom modeli SMODERP, v ModelBuilderi v prostredí GIS a výstupy sme vzájomne porovnali. Výsledky dosiahnuté v jednotlivých spôsoboch modelovania sú prezentované v tabuľke č. 2. Výsledky ukazujú, že hodnoty odtoku kvantifikované v prostredí GIS sú z hľadiska objemu odtoku rovnaké, pretože išlo o plochu, resp. „povodie“ s rovnakými charakteristikami (rozloha, CN-hodnota, využívanie pôdy), mení sa však hodnota rýchlosti povrchového odtoku (kvôli sklonu). Pri výpočte rýchlosti sme brali do úvahy hodnotu súčiniteľa drsnosti podľa Bazina pre úhor 43,5 ($m = 87/2$). Rovnako aj v tomto prípade platí, že so zväčšujúcim sklonom narastá aj rýchlosť.

Tab. 2 Komparácia výsledkov realita - modely

Označenie merania	Laboratórne meranie		SMODERP		ModelBuilder - GIS	
	Objem povrchového odtoku [ml]	Rýchlosť [m.s ⁻¹]	Objem povrchového odtoku	Rýchlosť [m.s ⁻¹]	Objem povrchového odtoku	Rýchlosť [m.s ⁻¹]
č. 1	342,00	0,0181	357,80	0,0179	480	0,0656
č. 2	415,00	0,0789	426,67	0,0801	480	0,0729
č. 3	490,00	0,1266	425	0,1345	480	0,1406

Druhá časť práce sa týka záujmového povodia, kde sme zisťovali a porovnávali objem, výšku a rýchlosť povrchového odtoku z vybranej časti povodia, a to v prostredí geografických informačných systémov, v simulačnom modeli SMODERP a výpočtom podľa metódy CN. Výsledky sú prezentované v tabuľke č. 3. Výsledky ukazujú najväčšiu zhodu v prípade prvej a tretej metódy, dosiahnuté výstupy z modelu SMODERP, v porovnaní s výstupmi v GIS, sú o 1841,884 m³ väčšie najmä z dôvodu rozčlenenia povodia na charakteristické profily (obdĺžniky).

Tab. 3 Výsledky z použitých programov

	Použité metódy modelovania	Objem povrchového odtoku (m ³)	Priemerná rýchlosť povrchového odtoku (m.s ⁻¹)	Výška povrchového odtoku (mm)
1.	ModelBuilder - GIS	127 708,150	0,235	37,11
2.	SMODERP	129 550, 034	0,224	36,10
3.	METÓDA CN	127 832, 459	0,239	37,22

ZHODNOTENIE VÝSLEDKOV PRÁCE A ZÁVER

Cieľom tejto práce bolo porovnanie jednotlivých charakteristík povrchového odtoku, či ide o namerané údaje v laboratóriu alebo riešenú časť povodia. Prácou v laboratóriu bolo potvrdené, že s narastajúcim sklonom, narastá objem i rýchlosť povrchovo odtekajúcej vody, a tento jav bol potvrdený v simulačnom modeli SMODERP, v prostredí GIS a rovnako výpočtom pomocou metódy CN. Potvrdilo sa taktiež tvrdenie, že sklon je najdôležitejší parameter pre hodnotenie rýchlosti, a tým aj množstva povrchového odtoku. Ďalšou významnou skutočnosťou je dôležitosť kvality vstupných údajov do jednotlivých modelov, pretože kvalita výsledku riešenia je priamo úmerne závislá na kvalitných vstupoch, teda výstupy nemôžu byť kvalitnejšie ako vstupné parametre.

Na základe vykonaného laboratórneho výskumu môžeme skonštatovať, že povrchový odtok sa tvorí, v prípade nasýtenia pôdného profilu, vodou, a tak isto v prípade presiahnutia infiltračnej kapacity pôdy. Možno konštatovať, že primárnou zložkou extrémneho odtoku nie je vždy a zákonite povrchový odtok, ale do značnej miery aj povrchová úprava pôdy. Preto i v riešenom povodí, kde sklon dosahuje lokálne 10 ° sa odporúča aplikovať protierózne opatrenia. Optimálnym riešením je zmena odtokových pomerov, čiže vylúčenie pestovania erózne nebezpečných plodín a aplikácia protieróznych agrotechnologických opatrení vo forme pestovania plodín so strednou protieróznou účinnosťou.

ABSTRACT

The article is focused on modelling of surface runoff from agriculture areas by using models. The main aim of this study consists of measuring and calculation the characteristic of surface runoff from chosen areas and its comparison with data from used models. The theoretical part is focused especially on the issues of surface runoff, SCS-method, definition of modelling and also division of models. The characteristic of surface runoff were identified on model constructed in a laboratory that simulates agricultural areas for the land without vegetation and a second area of interest is the catchment area in the administrative area Jelšovce. The result of the first part (the model in the laboratory) is to determine and compare the measured data in the laboratory with the output from programs. The second part (catchment area) consists of a ground survey and determined the characteristics of surface runoff in the applied programs with a comparison between the achieved results.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

ANTAL, Jaroslav et al. 2014. Hydrológia poľnohospodárskej krajiny. 1. vyd. Nitra : SPU. 371 s. ISBN 978-80-552-1257-9

FELBER, S. 1959. *Filozofia matematiky*. Bratislava : Slovenská Akadémia Vied, 196 s.

HOLÝ, M. Vzťahy medzi povrchovým odtokom a transportom živín v povodí vodárenských nádrží (dílčí zpráva výzkumného úkolu VI - 4 -15 -/01 - 03/ Praha. 1984.

JENÍČEK, Michal. 2005. *Možnosti využití srážko-odtokových modelů na malých a středně velkých povodích*. In LANGHAMMER, J. (ed.): Vliv změn přírodního prostředí povodí a údolní nivy na povodňové riziko. Praha : Univerzita Karlova v Praze. 112-126 s.

JENÍČEK, Michal. 2007. Modelování srážko-odtokových procesů na malých a středně velkých povodích. In LANGHAMMER, J.: Povodně a změny v krajině. Praha : Univerzita Karlova v Praze. 101-109 s.

KAVKA, Peter. 2011. *Posouzení návrhu zatravněné údolnice za pomoci modelu SMODERP s podporou GIS*. Praha : České vysoké učení technické v Praze. s. 1-7.

VRÁNA, K. et al. 2013. Manuál k programu SMODERP 2013. Praha: České vysoké učení technické v Praze. dostupné na internete: <http://storm.fsv.cvut.cz/cinnost-katedry/volne-stazitelne-vysledky/smoderp/ke-stazeni/?lang=cz>

VRÁNA, K. - VAŠKA, J. - DOSTÁL, T. SMODERP - Uživatelský manuál. 1996.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. 2009. Guide to Hydrological Practices. Management of Water Resources and Application of Hydrological Practices. 6. vyd. Geneva. 302 s. ISBN 978-92-63-10168-6

QUARTERONI, Alfio. 2009. *Mathematical models in science and engineering*. Scholar articles. Notices of the AMS. 10-19 s.

Ing. Zuzana Nemetová

Katedra vodného hospodárstva krajiny, Stavebná fakulta, Slovenská technická univerzita v Bratislave,
Radlinského 11, 810 05 Bratislava 1, zuzana.nemetova@gmail.com

Ing. Barbora Vaseková

Katedra vodného hospodárstva krajiny , Stavebná fakulta, Slovenská technická univerzita v Bratislave,
Radlinského 11, 810 05 Bratislava 1, xvasekovab@stuba.sk