

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
STAVEBNÁ FAKULTA**

Ing. Marcela Maliariková

Autoreferát dizertačnej práce

**ANALÝZA ZMIEN VYUŽITIA ÚZEMIA PRE ODHAD ICH VPLYVU NA ZMENY
ODTOKOVÉHO REŽIMU V POĽNOHOSPODÁRSKY
VYUŽÍVANOM POVODÍ**

na získanie akademického titulu:	philosophiae doctor, PhD.
v doktorandskom študijnom programe:	krajinárstvo
v študijnom odbore:	poľnohospodárstvo a krajinárstvo
forma štúdia:	denná forma doktorandského štúdia na Katedre vodného hospodárstva krajiny, Stavebná fakulta, Slovenská technická univerzita v Bratislave

Bratislava 2024

Dizertačná práca bola vypracovaná na: Katedre vodného hospodárstva krajiny, SvF STU v Bratislave

Predkladateľ: Ing. Marcela Maliariková
Katedra vodného hospodárstva krajiny
Radlinského 11
810 05 Bratislava

Školiteľ: prof. Ing. Kamila Hlavčová, PhD.
Katedra vodného hospodárstva krajiny
Radlinského 11
810 05 Bratislava

Konzultant: doc. Ing. Roman Výleta, PhD.
Katedra vodného hospodárstva krajiny
Radlinského 11
810 05 Bratislava

Autoreferát bol zverejnený: 10.06.2024

Obhajoba dizertačnej práce: 23.08.2024 o 9.00 hod. na Stavebnej fakulte Slovenskej technickej univerzite v Bratislave, Radlinského 11, v miestnosti číslo C1208

prof. Ing. Stanislav Unčík, PhD.
dekan

ABSTRAKT

Cieľom dizertačnej práce bolo riešenie dvoch kľúčových tém. Prvou bola analýza zmien využitia územia na vybranom pilotnom povodí. Uvedený cieľ bol zameraný nielen na samotné zhodnotenie zmien spôsobu využitia územia, ale najmä na vytvorenie, resp. použitie metodiky, ako zmeny analyzovať a zhodnotiť z dostupných historických mapovaní na území Slovenska. Historické mapy boli spracovávané v prostredí ArcGIS, kde bola vykonaná vektorizácia. Vzájomným porovnávaním máp spôsobu využitia územia bol vyhodnotený stav územia v minulosti a dnes. Ako pilotné územie bolo vybrané povodie toku Myjava po vodomernú stanicu Myjava – Šaštín Stráže. Vplyvom zmien využitia územia sa môže meniť hydrologický režim povodia. Druhým cieľom preto bolo posúdenie vplyvu zmeny využitia územia na tvorbu odtoku vo vybranom pilotnom povodí. Pre posúdenie tohto vplyvu bolo zvolené zrážkovo-odtokové modelovanie hydrologickým modelom s priestorovo – rozčlenenými parametrami WetSpa. Pre súčasný spôsob využitia územia na vybranom pilotnom povodí bola urobená parametrizácia tohto modelu. Pre viaceré scenáre zmeny spôsobu využívania územia na povodí, ako aj scenáre z historického mapovania boli posúdené zmeny simulovaného odtoku a jeho jednotlivých zložiek, ako je povrchový, podpovrchový a podzemný odtok. Zároveň boli posúdené aj zmeny niektorých simulovaných zložiek hydrologickej bilancie.

Kľúčové slová: spôsob využitia územia, vektorizácia historických máp, analýza, zrážkovo – odtokový model WetSpa

ABSTRACT

The aim of the dissertation was to solve two key topics. The first was the analysis of land use changes in the selected pilot basin. The mentioned goal was focused not only on the evaluation of the changes of land use types, but especially on the creation or the use of methodology to analyze and evaluate changes from available historical mappings on the territory of Slovakia. Historical maps were processed in the ArcGIS environment, where vectorization was performed. The state of the territory in the past and today was evaluated by comparing the land use maps is used. The catchment area of the Myjava stream up to the water measuring station Myjava – Šaštín Stráže was chosen as the pilot area. Due to land use changes, the hydrological regime of the basin may change. The second goal therefore was the assessment of the impact of the land use change on the formation of runoff in the selected pilot basin. To assess this impact, rainfall-runoff modeling with a hydrological model with spatially-disaggregated WetSpa parameters was chosen. For the current land use in the selected pilot basin, the parameterization of this model was made. For several scenarios of land use change in the basin, as well as scenarios from historical mapping, changes in simulated runoff and its individual components, such as surface, subsurface and underground runoff, were assessed. At the same time, changes in some simulated components of the hydrological balance were also assessed.

Key words: land use types, vectorization of historical maps, analysis, rainfall – runoff model WetSpa

Obsah

ÚVOD	5
1. SÚČASNÝ STAV RIEŠENEJ PROBLEMATIKY	5
1.1 Zmeny využitia územia a spôsoby identifikácie	5
1.2 Vplyv zmeny využitia územia na odtok z povodia	6
1.3 Hydrologické modely a ich parametrizácia	7
2. CIELE PRÁCE	8
3. METODIKA A METÓDY SKÚMANIA	9
3.1 Vektorizácia mapových podkladov	9
3.2 Hydrologické modelovanie	10
3.3 Parametre využitia územia	12
4. VÝSLEDKY PRÁCE A DISKUSIA	13
4.1 Analýza zmien využitia územia na vybranom pilotnom povodí v rámci Slovenska	13
4.2 Modelovanie odtoku z povodia zrážkovo-odtokovým modelom pri zmene spôsobu využitia územia	17
ZÁVER	21
LITERATÚRA	22
INTERNETOVÉ ODKAZY	23
PUBLIKAČNÁ ČINNOSŤ	23

ÚVOD

Predkladaná dizertačná práca sa zamerala na analýzu zmien využitia územia pre odhad ich vplyvu na zmeny odtokového režimu pre rôzne časové obdobia. Popísané boli spôsoby identifikácie zmien a dostupné mapové podklady, z ktorých boli získané informácie o vývoji a pretváraní krajiny. Vzhľadom na fakt, že zmeny spôsobu využitia územia môžu do istej miery ovplyvniť aj odtokové pomery v krajine, ďalšia časť práce popisuje hydrologické modely, ktoré slúžia na predpoveď a simulácie hydrologických procesov a určitých zložiek hydrologickej bilancie. Pozornosť bola upriamená predovšetkým na problematikou parametrizácie vybraného zrážkovo-odtokového modelu, resp. parametre využitia územia a na to, aký vplyv (a či vôbec nejaký) môže mať ich zmena pri modelovaní odtokových procesov z povodia.

1. SÚČASNÝ STAV RIEŠENEJ PROBLEMATIKY

V súčasnej dobe sa v oblasti vodného hospodárstva čoraz viac skloňuje otázka, či a do akej miery ovplyvňujú zmeny využitia územia tvorbu odtoku a hydrologický režim v povodiach. Zo štúdií a poznatkov z hydrologickej praxe vyplýva, že tak ako iné faktory ovplyvňujúce odtok z povodia, tak aj zmeny krajinej pokrývky majú čiastočný vplyv na hydrologický cyklus územia. Keďže sa nedá dostatočne presne odhadnúť rozsah tohto vplyvu, jedným z prístupov v súčasnosti je matematické modelovanie.

1.1 Zmeny využitia územia a spôsoby identifikácie

Súčasná krajina a jej charakter a štruktúra je výsledkom postupného pretvárania pôvodnej prírodnej krajiny vplyvom prírodných, ako aj antropogénnych činiteľov. Aby sme čo najlepšie vedeli pochopiť súčasnú štruktúru krajiny, je potrebné sa zaoberať jej vývojom (Feranec, Oťaheľ, 2001).

Zmeny využitia územia sú čoraz častejšou témou pri riešení praktických otázok či už ochrany prírody alebo vhodného manažmentu krajiny. Identifikácia týchto zmien, ich príčin a možných dopadov na krajinu prispieva k poznaniu a určaniu potenciálu daného územia, a taktiež k únosnosti krajiny (Boltižiar a kol., 2013).

Historický a hospodársky vplyv na vývoj využitia územia

Krajina ako taká prešla a prechádza v ostatných storočiach výraznými zmenami, ktoré boli a sú spôsobené zmenou politických, hospodárskych aj vlastníckych pomerov. Súčasný charakter územia je v mnohých častiach Slovenska do určitej miery výsledkom intenzívneho osídľovania. Jedným z príkladov rozsiahleho osídľovania je oblasť Myjavy a jej okolia. Najvýznamnejším zásahom vo využívaní krajiny bola kolektivizácia poľnohospodárstva a s ňou spojené sceľovanie pozemkov. Došlo k likvidácii stupňov pôvodných terasových polí, ktoré patrili k veľmi cenným krajinným prvkom vytvárajúcim charakteristický ráz územia. Aj napriek tomu, že po kolektivizácii nastalo ďalšie zalesňovanie pozemkov, vplyvom vzniku veľkablokových družstevných lánov na úkor mozaiky malých políčok (Obr. 1.1) nastávajú počas intenzívnych dažďov tzv. bleskové povodne sprevádzané rozsiahlou eróznou činnosťou (Stankoviánsky, 1997).



Obr. 1.1 Porovnanie historického a súčasného stavu krajinej štruktúry časti povodia rieky Myjava (zdroj: TU Zvolen, Google Map)

Identifikácia zmien využitia územia

V našich geografických podmienkach, kde je vegetácia súčasťou takmer všetkých krajinných zložiek s výnimkou zastavanej plochy a trvalých ciest, sú najzreteľnejším prejavom zmien krajiny práve zmeny krajinej pokrývky (*Land Cover*), ktoré úzko súvisia s meniacim sa spôsobom využitia územia (*Land Use*) (Feranec, Oťaheľ, 2001). Cenný potenciál pri identifikácii vývoja krajiny predstavujú zachované mapové diela. Jedným z možných postupov identifikácie zmien využitia územia je teda použitie dostupných historických mapových podkladov v GIS. Tie poskytujú okrem objasnenia vývoja daného územia aj porovnanie využívania rôznych typov krajiny najmä v závislosti od rozdielneho socioekonomického vývoja v európskom kontexte. Na SR má mapovanie zmien

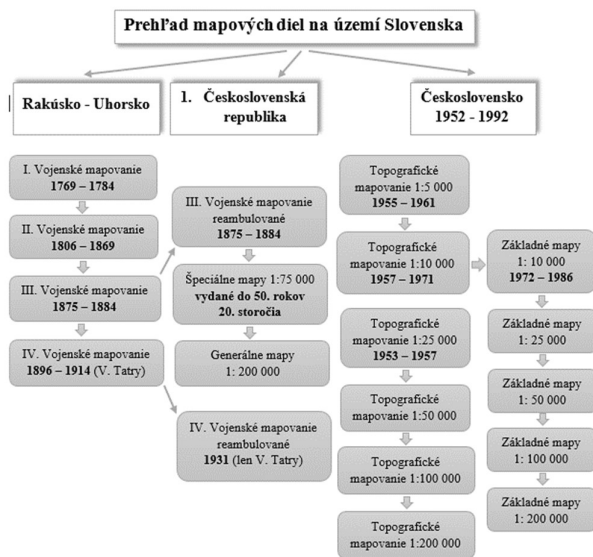
využitia územia pomerne dlhú tradíciu, pričom v súčasnej dobe sa na ich identifikáciu čoraz častejšie využívajú letecké a družicové snímky z diaľkového prieskumu Zeme (Boltžiar a kol., 2013).

Mapovanie využitia územia

Prvotne sa poznávaním krajiny a jej využitím zaoberal výskumný smer spojený s evidenciou a registráciou využitia pôdy, známy tiež ako mapovanie využitia územia. Počiatok sa datuje od 30. rokov minulého storočia vo Veľkej Británii, kde profesor *L. Dudley Stamp* so svojim tímom uskutočnil prvé mapovanie využitia územia v mierke 1 : 63 000 (Baily, 2007). Rozlíšil zopár základných tried využitia krajiny ako: lesy, vrchoviská a slatiniská, poľnohospodársky neproduktívna pôda, lúky, pasienky, orná pôda a záhrady. Považuje sa za zakladateľa mapovania vo svete, pričom jeho dosiahnuté výsledky dali podnet pre rozvoj mapovania využitia krajiny v celosvetovom meradle (Oťahel, Feranec, 2006). Mapovanie využitia územia, resp. mapy sa pokladajú za veľmi cenný zdroj informácií o vývoji krajiny v minulosti i dnes. Najväčšou prednosťou historických máp je ich obrovská informačná sila, pričom zachytávajú skúmaný jav v časopriestorovom kontexte (Žigrai, 2000).

Priebeh mapovania využitia územia na Slovensku

V minulosti bolo Slovensko súčasťou viacerých štátnych útvarov a súčasťou niekoľkých štátnych mapovaní. Podrobný prehľad mapových diel na území SR je uvedený v grafickej schéme (Obr. 1.2).



Obr. 1.2 Grafický prehľad mapovaní na území dnešnej SR (upravené podľa SAŽP)

1.2 Vplyv zmeny využitia územia na odtok z povodia

Kolobeh vody v prírode môže do určitej miery usmerňovať aj človek, ale iba za takých podmienok, aby svojou činnosťou čo najmenej ovplyvnil hydrologický cyklus. Realita je však úplne iná a vplyvom výrazných antropogénnych činností človeka dochádza k zmenám prírodných podmienok. Tieto v dôsledku rôznych negatívnych javov (globálne otepľovanie, kyslé dažde, znečisťovanie vodných tokov, nevhodné regulácie riek, meliorácie či intenzívne využívanie poľnohospodárskej pôdy a lesného hospodárstva), ako aj zmien vodného režimu pôd patria k popredným príčinám narušenia hydrologického cyklu, prípadne môžu viesť až k zvýšenému povodňovému riziku v danom povodí (Mindáš, Škvarenina, 2010).

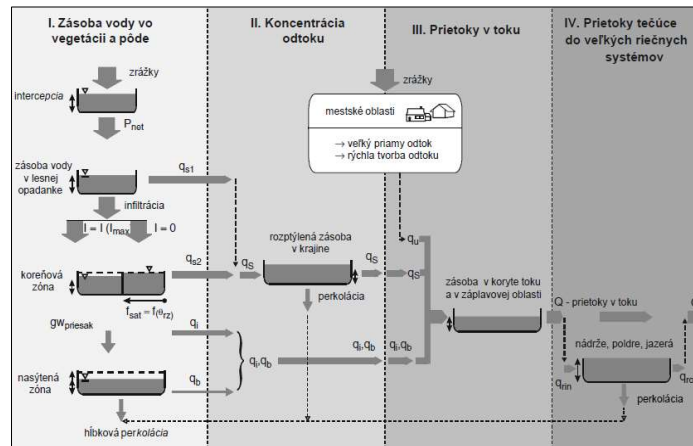
Činitele a krajinné zložky pôsobiace na odtok z povodia

Na odtok z povodia pôsobia rôzne činitele a ovplyvňuje ho množstvo prírodných a antropogénnych faktorov, ako aj ich vzájomné spolupôsobenie. Okrem klimatických a meteorologických činiteľov (veľkosť a početnosť atmosférických zrážok, teplota vzduchu, či topenie a akumulácia snehu), ktoré udávajú množstvo vody vstupujúceho do povodia, sa na formovaní odtoku podieľa geologická stavba územia a zloženie pôd (retenčná kapacita a priepustnosť pôd, resp. hornín), morfológia povodia (tvar a členitosť krajiny), vegetačné pomery v povodí (druhovú a typovú skladbu vegetácie), spôsob využitia územia (štruktúra, resp. typ krajinej pokrývky) (Mindáš, Škvarenina, 2010).

Zmeny využitia územia a ich vplyv na odtok z povodia

V súčasnosti existuje v hydrologickej praxi viacero indícií o tom, že zmeny krajinej pokrývky do istej miery ovplyvňujú hydrologický režim v mnohých povodiach. Okrem toho sa v posledných rokoch vo veľkej miere diskutuje aj o dopadoch zmeny klímy na hydrologický cyklus a na tvorbu a priebeh odtokových procesov. Avšak, v oboch prípadoch je stále pomerne neisté ako, koľko a v akej priestorovej mierke môžu tieto environmentálne zmeny ovplyvniť generovanie odtoku v povodiach a povodňové prietoky v tokoch (Bronstert, 2002).

Celý proces tvorby odtoku a jednotlivých prietokových procesov v povodí je znázornený v nasledujúcom schematickom vývojovom diagrame (Obr. 1.3).



Obr. 1.3 Vývojový diagram tvorby odtoku a prietokových procesov v povodí (upravené podľa Bronsterta, 2002)

1.3 Hydrologické modely a ich parametrizácia

Rovnako, ako iné faktory ovplyvňujúce odtok z povodia, tak aj zmeny vo využití územia, resp. zmeny krajinej pokrývky majú čiastočný vplyv (do istej miery) na hydrologický cyklus daného územia. Keďže sa nedá dostatočne presne odhadnúť rozsah tohto vplyvu, jedným z možných prístupov v oblasti vodného hospodárstva je matematické modelovanie. Prebieha pomocou zrážkovo – odtokových modelov, ktoré sú často používané ako nástroj na posúdenie účinkov zmeny klímy a využitia územia na hydrologický cyklus (Rončák, 2016).

Distribúované zrážkovo-odtokové modely

Pri odhade vplyvu využitia územia na tvorbu a priebeh odtoku z určitého povodia sú najvhodnejším matematickým nástrojom práve už spomínané z-o fyzikálne orientované modely s priestorovo-rozčlenenými parametrami. Takéto modely popisujú procesy generovania odtoku prostredníctvom fyzikálnych rovníc, resp. sú založené na fyzikálnom popise hydrologických procesov a snažia sa rešpektovať zákony zachovania hmoty, hybnosti a energie (Kulhavý, Kolář, 2002). Pri distribuovaných hydrologických modeloch sú pre stanovenie priestorovo-rozčlenených parametrov potrebné predovšetkým informácie o topografii, využití územia, geológii, pôde, zrážkových udalostiach, ako aj meteorologických podmienkach. Povodie je v týchto modeloch spravidla rozdelené pravidelnou štvorcovou, obdĺžnikovou, príp. trojuholníkovou sieťou. Táto rozdeľuje povodie na elementárne odtokové plochy, tzv. gridy, ktoré majú konštantnú veľkosť, avšak rozdielne hodnoty parametrov (Moravcová, 2011). Jednou z hlavných výhod fyzikálne orientovaných z-o modelov s priestorovo-rozčlenenými parametrami je, že v porovnaní s inými z-o modelmi majú schopnosť opísať priestorovú heterogenitu antropogénnych vplyvov a tiež zmeny priestorových parametrov pre rôzne spôsoby využitia územia (Beven, 2001). Typickými príkladmi aplikácie, resp. možnosťami využitia distribuovaných modelov sú najmä:

- štúdie z-o pomerov (stanovenie odtoku z povodia),
- simulácia dôsledkov regionálnych a konvektívnych zrážok v povodí,
- integrovaný výpočet záplavových území pre reálne situácie,
- integrované bilančné štúdie povodí (predpovede povodní a období sucha, zásoby podzemných vôd),
- simulácie kvality vody, degradácie a erózie pôdy, pre ktoré je dôležité detailnejšie a fyzikálne presnejšie modelovanie prúdenia vody,
- odvodňovanie a závlahy v povodí,
- modelovanie vplyvov klimatických zmien a zmien využitia územia na odtok (vplyv ľudskej činnosti),
- dimenzovanie vodných diel a stavieb (údolné nádrže, poldre).

Parametrizácia zrážkovo-odtokových modelov

Všeobecne, vo všetkých z-o modeloch závisí presnosť, resp. spoľahlivosť simulácie hydrologických procesov nielen od štruktúry daného modelu, ale aj od jeho parametrizácie. V prípade fyzikálne orientovaných distribuovaných z-o modeloch s priestorovo-rozčlenenými parametrami, sa o parametroch hovorí ako o veličinách, určujúcich dynamiku jednotlivých simulovaných procesov tvorby odtoku a ich priestorovú variabilitu v rámci celého povodia. Súborny takýchto parametrov popisujú procesy modelované v každom bode (bunke gridu) povodia a vyjadrujú ich geografické podmienky, resp. základné vlastnosti zložiek geografického prostredia dôležité z hľadiska hydrologických procesov. V zásade možno parametre prostredia získať buď priamym meraním, alebo odvodením z charakteristík prostredia. Parametre v týchto modeloch možno rozdeliť na: priestorovo – rozčlenené fyzicko-geografické parametre a kalibrovateľné, tzv. globálne (v modeli WetSpa) (Hlavčová a kol., 2007; Rončák, 2016).

2. CIELE PRÁCE

V súčasnosti existuje v hydrologickej praxi množstvo indícií o tom, že zmeny spôsobu využitia územia (krajinnej pokrývky) ovplyvňujú tvorbu odtoku a hydrologický režim v povodiach. Okrem toho sa v posledných rokoch vo veľkej miere diskutuje aj o dopadoch zmeny klímy na hydrologický cyklus a na tvorbu a priebeh odtokových procesov. Avšak, v oboch prípadoch je stále pomerne neisté ako, koľko a v akej priestorovej mierke môžu tieto environmentálne zmeny ovplyvniť hydrologický režim, generovanie odtoku v povodiach a následne aj povodňové prietoky v tokoch. Otázkou je aj to, ako a akým spôsobom je možné tieto dve príčiny a zmeny nimi spôsobené odlišiť.

Zmeny hydrologického režimu a najmä zmeny odtokových procesov v povodiach súvisiace so zmenami spôsobu využívania územia sú často pripisované odlesňovaniu, odtrávnovaniu, zväčšovaniu plôch ornej pôdy a urbanizovaného územia. Aj keď takýmito zmenami u nás prešla za posledné desaťročia väčšina povodí, pre spoľahlivé posúdenie takýchto zmien je potrebné vychádzať zo zdrojov historických mapovaní krajiny od začiatkov mapovania až po súčasnosť. Pri analýze vplyvu zmien využitia územia na odtok z povodia treba následne brať do úvahy najmä to, aké procesy tvorby odtoku sú na danom území dominantné. Iba určité procesy odtoku a akumulácie vody sú ovplyvnené zmenami využitia územia a sú podstatné najmä pre generovanie odtoku z privalových zrážok. Medzi tieto procesy možno zaradiť množstvo vody zachytenej v nenasýtenej zóne (zóna koreňového systému), povrchový odtok z prekročenia infiltračnej kapacity pôdy, odtok z urbanizovaných plôch, a takisto rozptýlenú retenciu v krajine. Z toho dôvodu je pre hodnotenie vplyvov zmien využitia územia na povodňový odtok potrebné identifikovať príslušné mechanizmy tvorby odtoku pre špecifické charakteristiky povodia a zrážkové podmienky.

V oblasti hydrológie a vodného hospodárstva je v súčasnej dobe jedným z prístupov na identifikáciu zmien odtokových pomerov v povodiach matematické modelovanie. Simulácia prebieha pomocou zrážkovo-odtokových (ďalej len „z-o“) modelov, ktoré sú často používané ako nástroj na posúdenie účinkov zmeny klímy a využitia územia na hydrologický cyklus. Kým pri modelovaní zmeny klímy sa využívajú predovšetkým koncepčné z-o modely, tak pri simulácii vplyvu zmien využitia územia na priebeh odtoku z povodia sa skôr uplatňujú distribuované z-o modely s priestorovo-rozčlenenými parametrami. Parametre pôdneho krytu, resp. využitia územia v distribuovaných z-o modeloch charakterizujú vlastnosti vegetácie, ako aj povrchového a krajinného pokryvu. Pri intenzívnom zbere údajov sú parametre využitia územia v modeli merané, príp. odhadované z charakteristík povodia.

Z uvedených problémov vyplývajú nasledovné dva ťažiskové ciele práce, rozvrhnuté v súlade s tézami schválenými skúšobnou komisiou na dizertačnej skúške, do jednotlivých čiastkových cieľov:

Analýza zmien využitia územia na vybranom pilotnom území v rámci Slovenska:

- Na posúdenie zmien budú využité mapové podklady zo všetkých dostupných historických mapovaní na Slovensku (I. až IV. vojenské mapovania, mapy spracované v rámci snímkovania využitia územia CORINE Land Cover a súčasné mapy).
- Bude urobená podrobná analýza uvedených historických mapovaní a bude vytvorená metodika na identifikáciu a vektorizáciu krajinných prvkov (spôsobov využitia územia) na týchto mapových podkladoch.
- Výsledkom budú digitálne mapy využitia územia pre rôzne časové horizonty od minulosti po súčasnosť a zhodnotené zmeny využitia územia na nich.

Posúdenie vplyvu zmeny využitia územia na tvorbu odtoku:

- Pre súčasný spôsob využitia územia na vybranom pilotnom povodí bude urobená parametrizácia zrážkovo-odtokového modelu s priestorovo rozčlenenými parametrami. Parametrizácia modelu bude obsahovať nastavenie fyzikálne orientovaných parametrov súvisiacich so spôsobom využívania územia, ako aj kalibráciu globálnych (kalibrovateľných) parametrov modelu. V rámci tohto cieľa budú zozbierané a zosumarizované parametre spôsobu využitia územia, vstupujúce do modelovania tvorby odtoku zo zrážok z-o modelovaním. Dôraz bude kladený na parametre takých charakteristík využitia územia, ktoré môžu mať vplyv na procesy súvisiace s tvorbou povrchového odtoku na svahoch a povodiach.
- V z-o modeli s priestorovo-rozčlenenými parametrami bude testovaná citlivosť modelu na zmeny spôsobu využitia územia. Budú vytvorené tzv. „absolútne scenáre“ spôsobu využitia územia, ktoré budú predstavovať (pri zachovaní plôch urbanizovaného územia) absolútne zalesnenie alebo zatrávenie povodia, ako predstavu ponechania celého územia ako ornú pôdu. Výsledkom bude posúdenie zmeny simulovaného odtoku a jeho jednotlivých zložiek, ako je povrchový, podpovrchový a podzemný odtok. Zároveň budú posúdené aj zmeny niektorých simulovaných zložiek hydrologickej bilancie.
- Z-o modelovaním bude na vybranom pilotnom povodí simulovaný a analyzovaný vplyv zmeny využitia územia na tvorbu odtoku pre rôzne spôsoby využitia územia v minulosti (historické mapy) a v súčasnosti a zároveň budú posúdené zmeny odtoku a jeho zložiek.
- Testované budú aj možnosti na zníženie, najmä povrchového odtoku, zmenou využitia územia a opatreniami manažmentu krajiny (napr. návrhom polohového usporiadania pôdneho krytu podľa sklonov povodia).

3. METODIKA PRÁCE A METÓDY SKÚMANIA

V rámci tejto kapitoly je popísaná metodika, postupy a použité nástroje v jednotlivých častiach predkladanej dizertačnej práce.

3.1 Vektorizácia mapových podkladov

K tomu, aby mohla byť realizovaná analýza využitia územia, je potrebné oboznámiť sa a vybrať vhodné mapové podklady skúmaného územia, ktoré následne budú použité pri spracovaní. Okrem toho je nutné zvoliť vhodný spôsob spracovania tak, aby sme či už z historických alebo súčasných mapových podkladov získali potrebné informácie, tzv. dáta. Tie tvoria kľúčovú časť GIS, ich vysoká výpovedná hodnota je podložená časovou náročnosťou procesu ich tvorby a nárokmi na presnosť a aktuálnosť. Pre prácu v GIS je potrebné mať podklady v rastrovej, resp. vektorovej podobe – digitálne dáta, ktoré je možné získať primárne z terénnych meraní alebo druhotne digitalizáciou topografických a tematických máp, leteckých a satelitných snímok (tzv. obrazové dáta). Nie vždy sú však dostupné tieto dáta, ale len analógové (papierové mapy, fotografie,...), tieto je nutné digitalizovať. Použité softvérové vybavenie, ako aj proces digitalizácie je popísaný v práci (Maliariková, 2015).

Historické a súčasné mapové podklady

Pri výskume dejín krajiny, ako aj spôsobu využitia územia v minulosti a dnes sú potrebné obrazové historické dokumenty. Z tohto dôvodu sú nevyhnutné historické mapy predstavujúce jedinečný zdroj obrazových informácií o vtedajšej krajine, ktoré umožňujú študovať zmeny spôsobu využitia územia. Dôležitou podmienkou zostáva, aby na historických mapách boli dostatočne podrobne zobrazené jednotlivé objekty krajiny a aby sa následne dali použiť pre korektné porovnanie a analýzu. Vzájomným porovnávaním daných objektov môžeme dokázať vývoj krajinných, ako aj antropogénnych prvkov (Cajthaml, Krejčí, 2008). Interpretácia údajov, resp. objektov zaznamenaných na historických mapách, závisí hlavne od účelu konkrétnej mapy, od detailnosti a presnosti jej spracovania, ale taktiež od spôsobu zobrazenia takýchto údajov (Boltižiar, Olah, 2009).

V práci boli použité nasledovné historické a súčasné mapové podklady:

- Mapy I. vojenského mapovania (1769 – 1784) v mierke 1:28 800 – I.VM,
- Mapy II. vojenského mapovania (1819 – 1827) v mierke 1:28 800 – II.VM,
- Mapy III. vojenského mapovania (1875 – 1887) v mierke 1:25 000 – III.VM,
- Topografické mapy (1952 – 1957) v mierke 1:25 000 – TM25,
- Súčasná mapa využitia územia CLC (1990 – 2018) v mierke 1:100 000 – SUC_LU.



Obr. 3.1 Výrez historickej mapy I.VM, II.VM, III.VM, TM 25 a súčasnej mapy využitia územia CLC (SUC_LU)

Metodika vektorizácie mapových podkladov

Aj keď je už väčšina mapových podkladov v súčasnosti vytváraná v digitálnej forme a dostupná ako vektorové vrstvy, často sa pre určitý typ úloh vyžaduje vektorizácia naskenovaných analógových podkladov. Vektorizácia je proces úpravy podkladovej mapy (rastrového obrazu) do vektorovej formy pomocou grafických elementov (bod, línia, polygón, značka, text) vo vhodnom grafickom prostredí (napr. ArcGIS). Výhodou vektorových dát je možnosť ich ľahkého zobrazenia, úsporného uloženia, vytvárania analýz a predovšetkým vysoká geometrická presnosť dát v porovnaní s rastrovými (Koreň, 2014). Historické mapy I.VM, II.VM, TM 25 boli dostupné ako georeferencované rastrové súbory vo formáte *TIFF*. Tento typ súborov neumožňoval vykonávať nami požadované analýzy zmien využitia územia, vzhľadom na to, že nemá explicitne určené typy krajinných prvkov. Z toho dôvodu bolo nevyhnutné ich prevedenie do vektorovej formy. Vektorizáciu je možné vykonať manuálne (použitá v práci) alebo poloaufomaticky. Manuálna vektorizácia je pomerne zdĺhavý proces, keďže sa jednotlivito edituje každá plocha na mapovom podklade. Editácia môže byť ešte problematickejšia u starších máp, ktorých kvalita zobrazenia je ovplyvnená ich vekom, ako aj spôsobom spracovania mapy v danom období.

Analýza zmien využitia územia

Pod analýzou zmien využitia územia rozumieme percentuálne vyjadrenie identifikovaných spôsobov využitia územia na jednotlivých historických mapách a ich vzájomné porovnanie s cieľom zistiť ich úbytok, resp. prípadný prírastok v porovnaní so stavom zobrazeným na mape súčasného spôsobu využitia územia v skúmanom povodí. Pri analýze boli spracované všetky rozpoznateľné spôsoby využitia územia, no nie každý z nich bol identifikovateľný na každej z historických máp. Zapríčinené je to tým, že mapy vznikali v rôznych časových obdobiach a predovšetkým dostupnou technikou a metodikou danej doby. Informácie o spôsobe využitia krajiny, ktoré predstavujú jadro celej analýzy, tvoria 4 hlavné prvky: orná pôda, lesy, trávnaté spoločenstvá a urbanizované plochy. Ostatné spôsoby využitia územia sa rozvíjali postupne, najmä vplyvom vojnových udalostí, rozvojom osídľovania, intenzifikácie poľnohospodárstva a rozvojom mapovacej a zobrazovacej techniky.

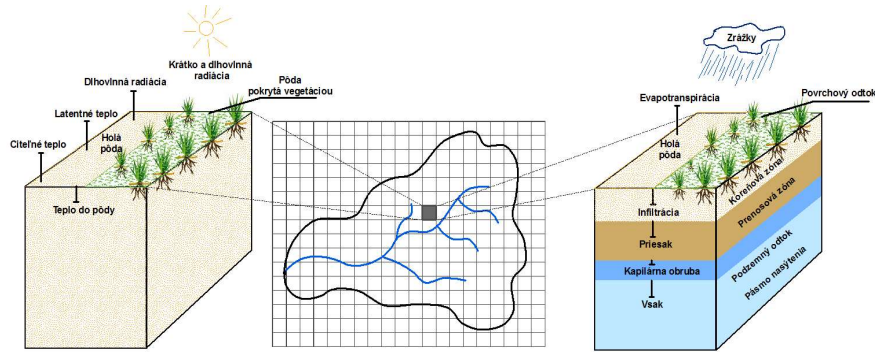
3.2 Hydrologické modelovanie

Riadenie a manažment hydrologických procesov v povodí sa v poslednom období stáva dôležitou súčasťou vedeckých prác, s čím úzko súvisí vývoj a aplikácia hydrologických modelov. Modelovanie hydrologickej bilancie a procesov tvorby odtoku v povodí sú nenahraditeľným nástrojom pri výskume odtokového režimu vplyvom zmeny klímy alebo pri zmene spôsobu využitia územia. Vzhľadom na priestorovú premenlivosť vlastností pôdneho krytu sú vhodným nástrojom na odhad vplyvu zmeny spôsobu využitia územia na odtok najmä z-o fyzikálne orientované modely s priestorovo-rozčlenenými parametrami (Kočícký, Mareta, 2016). V súčasnosti existuje množstvo takýchto modelov, pričom jedným z nich je model WetSpa, ktorý môže byť pri správnej kalibrácii a nastavení parametrov, vhodným nástrojom pri predikcii povodní, ako aj vplyvu zmien využitia územia na odtok z povodia.

Opis modelu WetSpa

Model WetSpa (*Water and Energy Transfer between Soil, Plants and Atmosphere*) je fyzikálne orientovaný z-o model s priestorovo-rozčlenenými parametrami vyvinutý na simuláciu a predpoveď prenosu vody a energie medzi pôdou, rastlinstvom a atmosférou v regionálnej mierke alebo mierke povodí (Obr. 3.2). Model vyvinul Wang a kol. (1997), neskôr ho na predpovedanie povodní upravili De Smedt a kol. (2000) a Lui a kol. (2003). Možno ho použiť na simuláciu a predpoveď tvorby povodní, z-o procesov, dokáže simulovať akumuláciu snehu, ako aj jeho topenie. Tento distribuovaný z-o model rozdeľuje povodie štvorcovou sieťou na pravidelné priestorové jednotky (tzv. gridy), v ktorých počíta hydrologickú bilanciu a simuluje pohyb vody do záverečného profilu povodia. V každom gride sa simulovaný hydrologický systém skladá zo štyroch riadiacich zložiek vo

vertikálnom smere: vegetačný kryt (vrstva listovej pokrývky), povrch pôdy (prenosová vrstva), koreňová zóna (vrstva koreňového systému rastlín) a nasýtená zóna podzemnej vody (akumulácia podzemnej vody).



Obr. 3.2 Grafická schéma modelu WetSpa upravená podľa Wang a kol., 1996

Celkový odtok z gridu je sumou povrchového a podpovrchového odtoku a prietoku podzemnej vody. Hydrologická bilancia vrstvy koreňového systému rastlín je pre každý grid modelovaná podľa rovnice 3.1:

$$D = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = P - I - Q_s - E - R - Q_i \quad (3.1)$$

kde:

D – hrúbka vrstvy koreňového systému rastlín [L],

$\Delta\theta$ – zmena pôdnej vlhkosti [$L^3 \cdot L^{-3}$],

Δt – časový interval [T],

P – zrážky počas časového kroku Δt [$L \cdot T^{-1}$],

I – počiatková strata (zachytávanie na listoch a povrchu terénu) počas časového kroku Δt [$L \cdot T^{-1}$],

Q_s – povrchový odtok [$L \cdot T^{-1}$],

E – aktuálny výpar z pôdy [$L \cdot T^{-1}$],

R – priesak z vrstvy koreňového systému rastlín [$L \cdot T^{-1}$],

Q_i – množstvo podpovrchového odtoku [$L \cdot T^{-1}$],

pričom:

L – dĺžková miera [m/cm/mm],

T – časová miera [s].

Vstupné údaje do modelu WetSpa

Z-o model WetSpa využíva základné mapové podklady a tabuľkové údaje o fyzicko-geografických charakteristikách povodia, dostupné základné meteorologické a hydrologické údaje. Príprava vstupných údajov viazaná na GIS prostredie. Vstupy sa pripravujú v dvoch základných formátoch – priestorové mapové podklady v digitálnej forme a hydrometeorologické údaje a údaje o fyzicko-geografických vlastnostiach prostredia v textovej forme. Model WetSpa pracuje s týmito digitálnymi geografickými údajmi (De Smedt, 2002):

- digitálny model reliéfu (DEM),
- mapa pôdnych druhov (Soil Types),
- mapa využitia územia (Land Use),
- rozvodnica a riečna sieť,
- geografická lokalizácia vodomerných a meteorologických staníc.

Z-o model WetSpa využíva 4 typy hydrometeorologických údajov:

- zrážky [mm],
- potenciálnu evapotranspiráciu [mm] na základe teploty vzduchu a indexu oslnenia,
- meraný prietok [$m^3 \cdot s^{-1}$],
- priemernú teplotu vzduchu v povodí [$^{\circ}C$] vypočítanú na základe nadmorskej výšky bunky a regresného vzťahu medzi teplotou vzduchu v staniciach a nadmorskou výškou staníc.

Parametre modelu WetSpa

Spoľahlivosť simulácie hydrologických procesov v hydrologickom z-o modeli závisí nielen od štruktúry modelu, ale aj od jeho parametrizácie. Parameter hydrologického modelu charakterizuje pomocnú premennú veličinu, ktorá slúži ako nástroj na kontrolu správania sa modelu alebo úpravy vlastností simulovaných javov a procesov (Lundin et al., 2000). Pokiaľ hovoríme o fyzikálne orientovaných distribuovaných z-o modeloch s priestorovo – rozčlenenými parametrami, tak sú to v danom prípade veličiny, určujúce dynamiku jednotlivých simulovaných procesov tvorby odtoku a ich priestorovú variabilitu v rámci celého povodia. Parametre v týchto modeloch možno rozdeliť na:

- priestorovo – rozčlenené fyzicko – geografické parametre – odvodzujú sa z vrstiev základných digitálnych priestorových údajov (DEM, mapy pôdných druhov a mapy využitia územia); tieto parametre určujú dynamiku modelovaných procesov a v modeli sa nekalibrujú.
- kalibrovateľné (globálne) parametre – model pracuje s 12 globálnymi parametrami, sú to konštanty nemenné pre celé povodie, ktorých hodnoty sú optimalizované v procese kalibrácie (Rončák, 2015).

Kalibrácia modelu

Cieľom kalibrácie z-o modelu WetSpa je pre vybrané povodie určiť globálne parametre modelu, pri použití ktorých bude dosiahnutá najlepšia zhoda medzi meranými a simulovanými prietokmi (priemernými dennými) v záverečnom profile povodia. Ako optimalizačné kritérium bol v predkladanej práci zvolený koeficient Nash – Sutcliffe (Nash a Sutcliffe, 1970):

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{mer(i)} - \bar{Q}_{mer})^2 - \sum_{i=1}^n (Q_{mer(i)} - Q_{sim(i)})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{mer(i)} - \bar{Q}_{mer})^2} \quad (3.2)$$

kde:

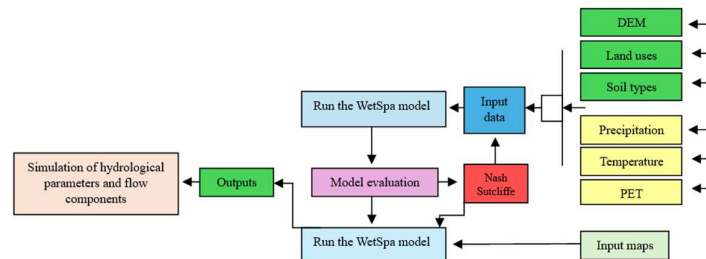
\bar{Q}_{mer} – aritmetický priemer meraných prietokov [$m^3 \cdot s^{-1}$],

$Q_{sim(i)}$ – simulovaný prietok [$m^3 \cdot s^{-1}$],

$Q_{mer(i)}$ – meraný prietok [$m^3 \cdot s^{-1}$],

n – počet mesiacov použitých pri kalibrácii modelu.

Prezentovaný vývojový diagram (Obr. 3.3) popisuje metodický postup hydrologického modelovania pomocou z-o modelu WetSpa v predkladanej práci, kde základnými vstupnými údajmi sú DEM, mapa využitia územia a mapa pôdných typov. Na prípravu všetkých máp bol ako primárne prostredie použitý softvér ArcGIS 10.2 (ESRI, 2013).



Obr. 3.3 Vývojový diagram popisujúci metodológiu postupu hydrologického modelovania pomocou z-o modelu WetSpa

3.3 Parametre využitia územia

Parametre využitia územia v distribuovaných z-o modeloch charakterizujú vlastnosti vegetácie, ako aj povrchového a krajinného pokryvu. Vzhľadom na to, že spôsob využitia územia priamo i nepriamo ovplyvňujú hydrologické procesy, tak spoľahlivosť, resp. presnosť simulácii závisí aj od toho, s akou istotou možno tieto parametre odhadnúť. Zároveň je otázne, či sa rôzne spôsoby využitia územia dajú dostatočne rozlíšiť v modeli, a tak výrazne ovplyvniť výsledky simulácií odtoku alebo či sú vôbec z-o modely schopné vyjadriť zmenené podmienky využitia územia v takej miere, aby ovplyvnili simuláciu tvorby odtoku (Eckhardt et al., 2003).

Medzi základné parametre odvodené z mapy využitia územia vstupujúce do fyzikálne orientovaných z-o modelov patria:

- Albedo – vyjadruje pomer medzi množstvom odrazeného žiarenia a množstvom žiarenia dopadajúceho na určitý povrch v [%] alebo ako pomerné číslo,

- Hĺbka koreňovej zóny – vyjadruje hrúbku pôdnej vrstvy nenasýtenej zóny [m], udávajúci hĺbku koreňov rastlín alebo stromov v hydrologických modeloch; patrí k najvplyvnejším faktorom pôsobiacim na zásoby pôdnej vody, pričom jej maximum závisí najmä od pôdnej textúry, zhutnenia podložia, veľkosti puklín a iných fyzikálnych a chemických vlastností vrchnej časti pôdneho profilu,
- Index listovej pokrývnosti – charakterizuje listovú pokrývnosť povodia [$\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$] a ovplyvňuje fotosyntézu, transpiráciu, ako aj intercepciu, udáva pomer plochy fyziologicky aktívnych listov k celkovej ploche, na ktorej porast rastie,
- Kapacita intercepcie – množstvo (maximálne) vody zachytené vegetáciou [mm vodného stĺpca] po skončení zrážkovej udalosti pri nulovej evapotranspirácii; intercepčná kapacita porastu je schopnosť rastlín zadržiavať vodu povrchom ich nadzemnej časti, pričom závisí od druhu porastu, jeho vývoja, hustoty a stavu, ktorý sa počas roka mení, či vegetačného obdobia.
- Manningov koeficient drsnosti – charakterizuje drsnosť povrchu, ktorý ovplyvňuje najmä rýchlosť plošného odtoku (na svahu), ako aj sústredného odtoku (v riečnej sieti) a môže byť vyjadrená napr. Manningovým súčiniteľom drsnosti [$\text{m}^{-1/3} \cdot \text{s}$]; v našich podmienkach sa prevažne používajú len jeho empirické hodnoty známe z literatúry.

4. VÝSLEDKY PRÁCE A DISKUSIA

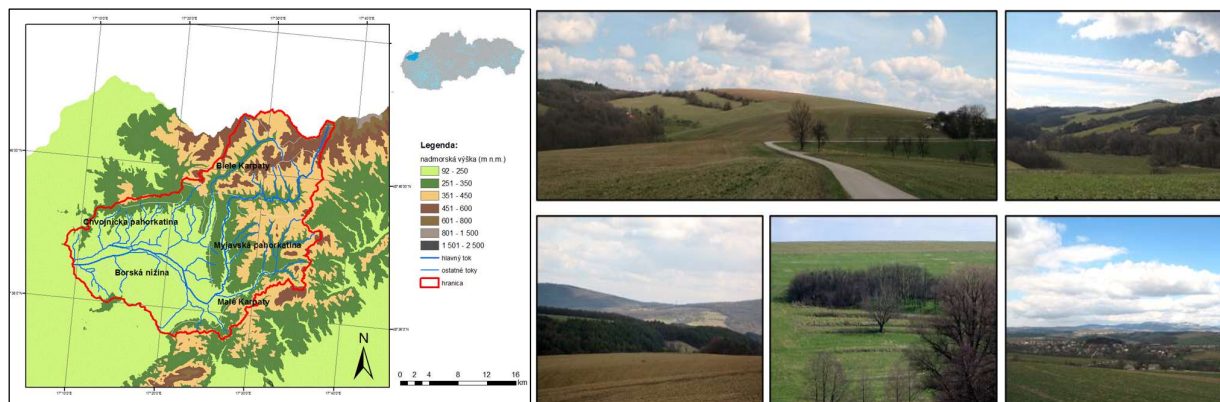
V predkladanej dizertačnej práci bolo jednou zo základných úloh spracovanie historických mapových podkladov z rôznych období, ich následná analýza a porovnanie so stavom zobrazujúcim súčasný spôsob využitia krajiny. Pre posúdenie vplyvu zmien využitia územia na odtokové procesy z povodia bol použitý fyzikálne založený z-o model s priestorovo-rozčlenenými parametrami WetSpa.

4.1 Analýza zmien využitia územia na vybranom pilotnom povodí v rámci Slovenska

Výsledky analýzy možno rozdeliť do dvoch častí, podľa toho, v akom procese spracovania prebiehali a aký typ výsledkov bol získaný. Prehľad výsledkov v podobe vytvorených digitálnych máp spôsobu využitia územia, číselných tabuliek, grafov a porovnávacích grafov je uvedený v nasledovných častiach práce.

Opis povodia

V západnej časti Slovenska v oblasti Myjavskej pahorkatiny sa nachádza stredne veľké povodie rieky Myjava (Obr. 4.1). Patrí medzi územia ovplyvnené a pretvárané človekom. Najväčšie zmeny nastali zač. 17. st. vplyvom kopaničiarskej kolonizácie a v 20. st. v období kolektívizácie poľnohospodárstva. Hlavný tok povodia tvorí rieka Myjava s dĺžkou 84 km, plocha povodia po vodomernú stanicu Myjava – Šaštín Stráže má rozlohu 643 km². Územie patrí k členitým geomorfologickým celkom s najvyšším vrchom Veľká Javorina (969,8 m n.m.).

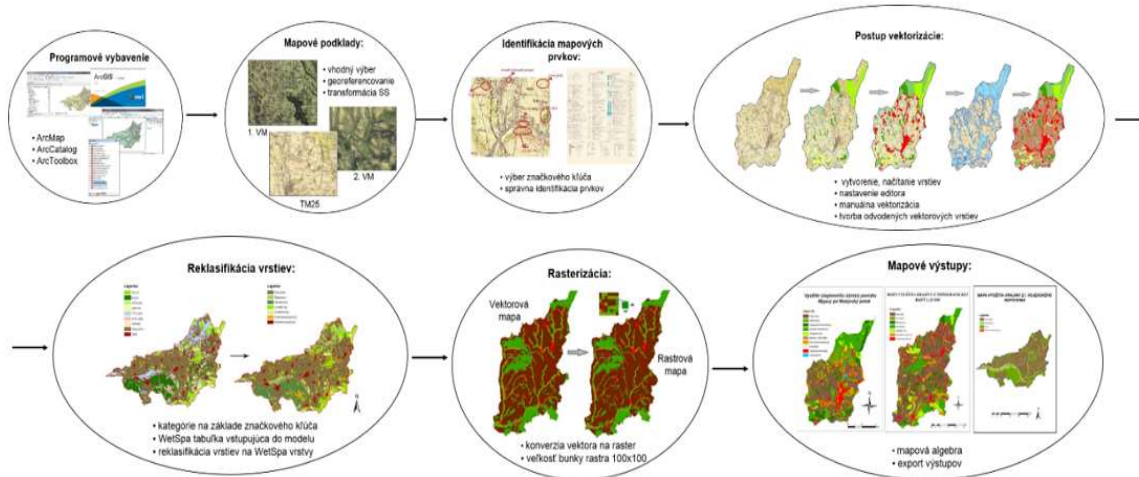


Obr. 4.1 Povodie rieky Myjava po vodomernú stanicu Šaštín – Stráže a charakteristický ráz časti povodia s črtami kopaničiarskej oblasti

Digitálne mapy využitia územia

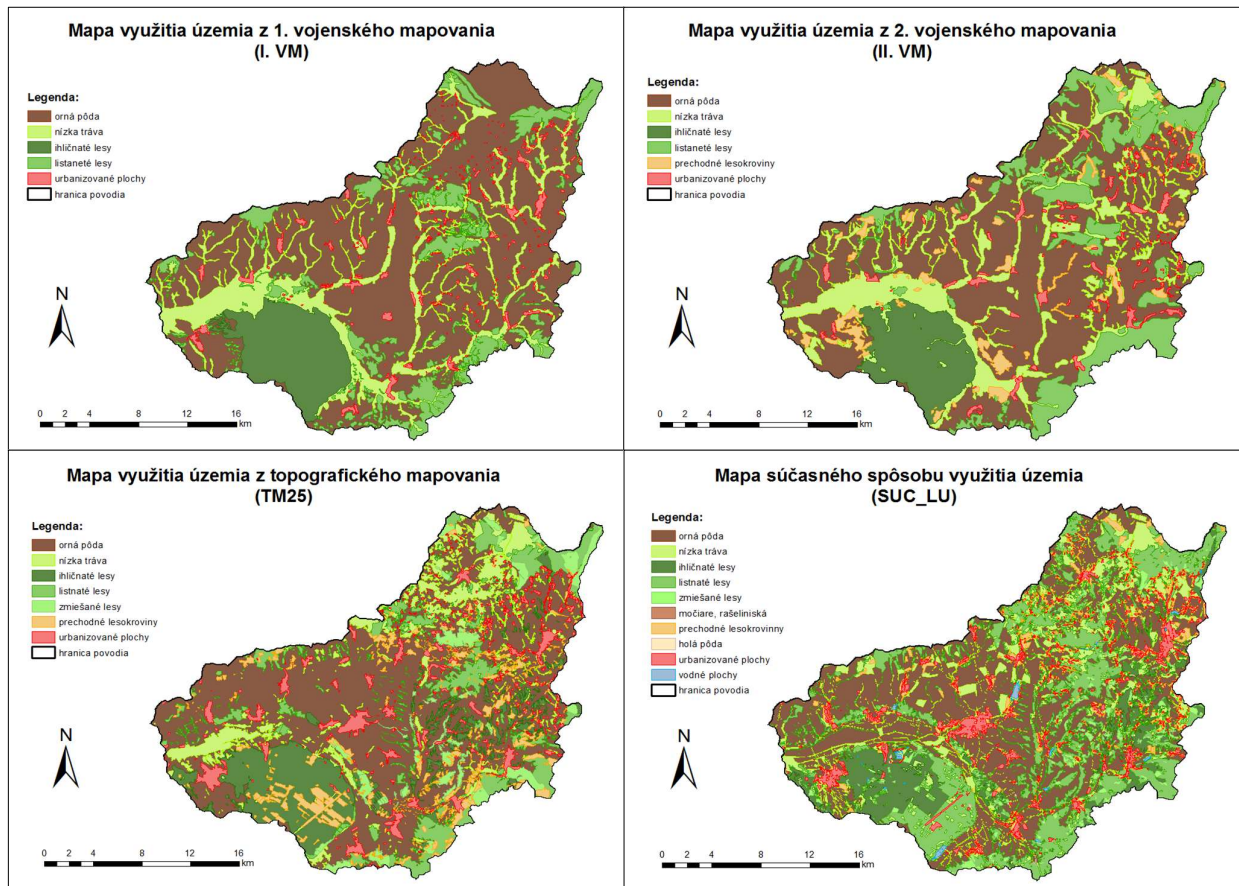
Prvá časť výsledkov bola získaná z procesu spracovania historických máp. Celý proces vektorizácie (Obr. 4.2) spracovaný vo forme metodického návrhu a nadväzuje na DP (Maliariková, 2015). Na zvolených historických mapách bolo na základe zvolenej metodiky, identifikovaných niekoľko spôsobov využitia územia. Ich počet sa pre jednotlivé mapy líšil, najmä z dôvodu rôznej úrovne detailnosti a kvality spracovania historických máp. Identifikované spôsoby využitia územia boli manuálne vektorizované a následne z nich boli vytvorené vektorové

mapy. Tieto mapy bolo potrebné reklasifikovať na základe WetSpa kódov, aby vektorové vrstvy zodpovedali triedam použiteľným v ďalšej fáze spracovania – modelovaniu odtoku z povodia, ktorému ešte predchádzal posledný krok a to, vytvoriť rastrové mapy. Konverziou vektorových vrstiev do rastrových vznikla rastrová mapa spôsobu využitia územia (land use), ktorá je jednou zo základných vstupných máp do z-o modelu WetSpa.



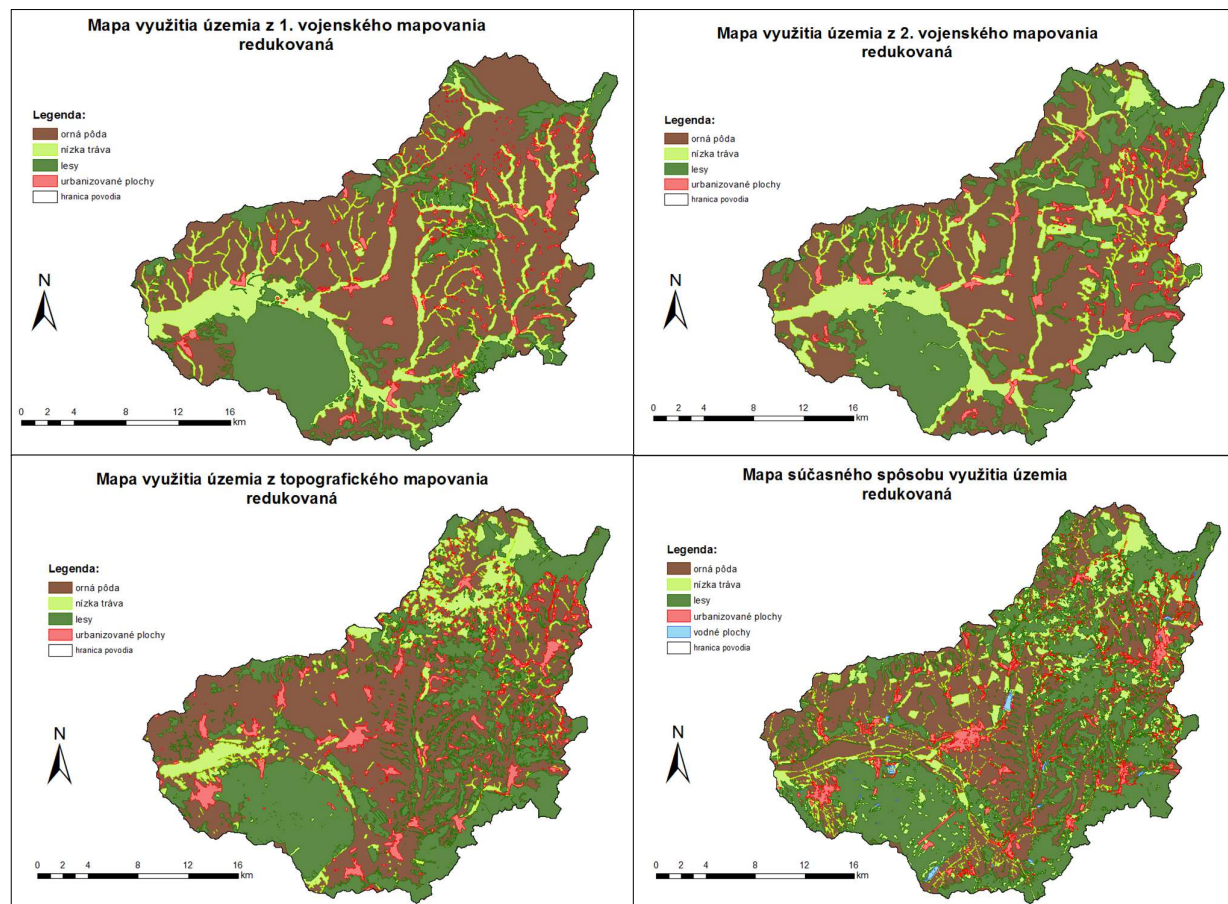
Obr. 4.2 Grafická schéma vektorizácie mapových podkladov

Výsledkom vektorizácie sú grafické výstupy v podobe digitálnych máp využitia územia (Obr. 4.3) spracované z obdobia 1. vojenského mapovania I.VM, 2. vojenského mapovania II.VM a topografického mapovania TM25 a mapa súčasného spôsobu využitia územia SUC_LU pre vybrané povodie rieky Myjava po vodomernú stanicu Myjava – Šaštín Stráže. Vizualným porovnaním výstupných máp súčasného spôsobu využitia územia a spôsobu využitia územia z dostupných historických máp možno pozorovať výrazné zmeny, prevažne na plochách lesa, nízkej trávy a poľnohospodárskej pôde.



Obr. 4.3 Mapa využitia územia z historickej mapy I.VM, II. VM, TM25 a mapa súčasného využitia územia

Pre analýzu zmien využitia územia vzájomným porovnaním súčasného spôsobu využitia územia a spôsobu využitia územia na historických mapách, ako aj pre získanie relevantných výsledkov pri simulovaní odtoku z povodia, bolo potrebné identifikované mapové prvky stotožniť, resp. zredukovať sa na tie spôsoby využitia územia, ktoré je možné identifikovať vo všetkých mapových podkladoch. Pre vyššie uvedené účely, boli na historických mapách I.VM, II.VM a TM25 a súčasnom spôsobe využitia územia SUC_LU identifikované štyri základné prvky (redukované): orná pôda, lesy, nízka tráva a urbanizované plochy (Obr. 4.4).



Obr. 4.4 Redukovaná mapa využitia územia z historickej mapy I.VM, II. VM, TM25 a mapa súčasného využitia územia

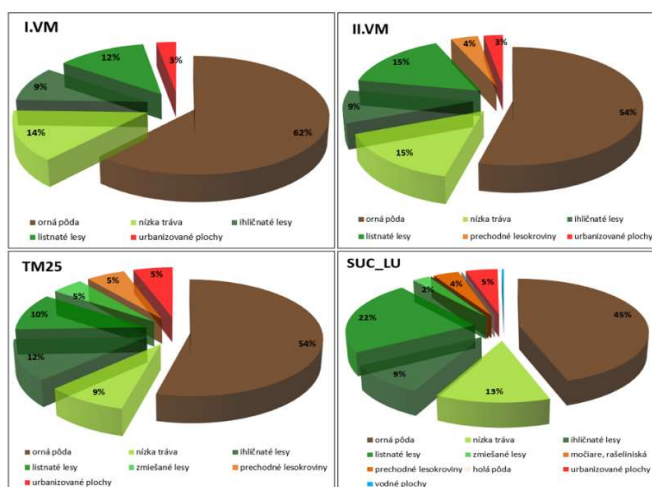
Grafická analýza zmien spôsobu využitia územia

Druhá časť výsledkov z procesu digitalizácie mapových podkladov bola analýza zmien spôsobu využitia územia z obdobia I.VM a II.VM, TM25 a SUC_LU v podobe grafov a tabuliek. Na mapách z I.VM je detailnosť spracovania relatívne nízka, aj vzhľadom na to, že ide o najstaršie mapovanie na našom území. Identifikovaných bolo 5 spôsobov využitia územia zakreslených jednoduchými značkami, prípadne zmenou tónu farby, ktoré boli rozpoznávané skôr intuitívne. Výhodou máp II.VM je ich pomerne vysoká presnosť, avšak nevýhodou je priveľké množstvo informácií znázornených na malom priestore. To spôsobuje zhoršenú čitateľnosť mapy a nepresnosti pri interpretácii hraníc typov využitia územia. V danom prípade bolo identifikovaných 6 spôsobov využitia územia. Na podrobnejších podkladoch z TM25 bola identifikácia prvkov značne jednoduchá, pretože mapový kľúč bol totožný so zákresom v mape. To uľahčovalo rozpoznávanie jednotlivých kategórií, ktorých bolo v tomto prípade 7. Súčasná mapa využitia územia SUC_LU obsahuje 10 identifikovaných prvkov.

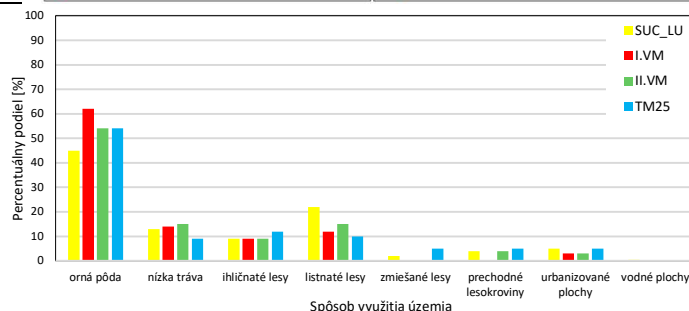
Výpočtom percentuálneho zastúpenia jednotlivých spôsobov využitia územia k celkovej ploche záujmového územia boli získané grafické (Obr. 4.5) a číselné výsledky (Tab. 4.1), na základe ktorých dokážeme zhodnotiť stav záujmového územia v minulosti a dnes. Pre odhad vplyvu zmien využitia územia na odtokový režim z povodia boli identifikované spôsoby využitia územia zredukované, resp. stotožnené, a pri ďalšej analýze a procese modelovania odtoku z povodia sme sa obmedzili na štyri dominantné prvky: orná pôda, nízka tráva, lesy a urbanizované plochy (Obr. 4.6 a Tab. 4.2).

Tab. 4.1 Percentuálne vyjadrenie spôsobov využitia územia

Využitie územia (krajinné prvky)	I.VM	II.VM	TM25	SUC_LU
Orná pôda	61,7 %	54,0 %	54,0 %	44,7 %
Nízka tráva	13,8 %	15,0 %	8,9 %	12,7 %
Ihličnaté lesy	9,6 %	9,0 %	11,5 %	9,3 %
Listnaté lesy	12,2 %	15,4 %	10,3 %	22,4 %
Zmiešané lesy	–	–	4,5 %	2,5 %
Prechodné lesokroviny	–	3,9 %	5,4 %	3,6 %
Urbanizované plochy	2,7 %	2,7 %	5,4 %	4,5 %
Vodné plochy	–	–	–	0,3 %



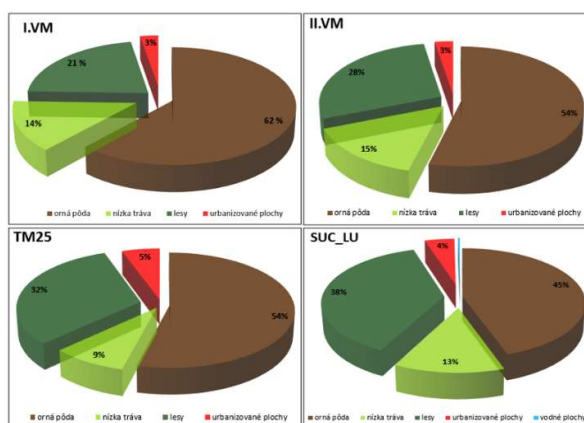
Obr. 4.5 Grafické znázornenie percentuálneho zastúpenia spôsobov využitia územia v povodí rieky Myjava z údajov získaných digitalizáciou mapových podkladov (hore) a porovnanie zmien súčasného spôsobu využitia územia a využitia územia na historických mapách (dole)



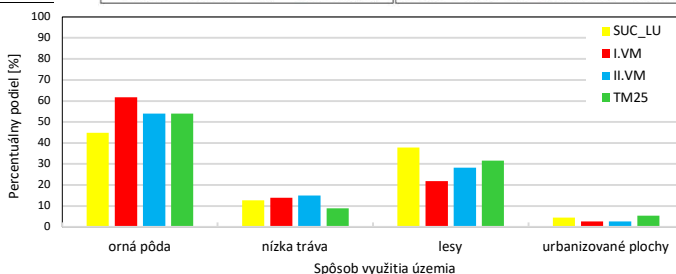
Najväčšie zmeny v spôsobe využitia územia je možné pozorovať na plochách ornnej pôdy, kde v porovnaní súčasného stavu a stavu z I.VM, došlo k poklesu o 17 % a o 8 % v porovnaní I.VM a stavu z II.VM a topografického mapovania TM25. Na mape SUC_LU dosahujú listnaté lesy oproti stavu z I. VM nárast o 10 %, v prípade II.VM je to oproti I.VM nárast o 3 % a v prípade TM25 bol zaznamenaný mierny pokles, však v tomto detailnejšom mapovaní sa už vyskytujú aj plochy zmiešaných lesov, ktoré pokrývali takmer 5 % celkovej plochy územia. Taktiež na mape SUC_LU a TM25 vidieť mierny nárast urbanizovaných plôch, ktoré v období I.VM a II.VM pokrývali okolo 3 % plochy povodia.

Tab. 4.2 Percentuálne vyjadrenie vybraných (stotožnených) spôsobov využitia územia

Využitie územia (krajinné prvky)	I.VM	II.VM	TM25	SUC_LU
Orná pôda	61,7 %	54,0 %	54,0 %	44,7 %
Nízka tráva	13,8 %	15,0 %	8,9 %	12,7 %
Lesy	21,8 %	28,3 %	31,7 %	37,8 %
Urbanizované plochy	2,7 %	2,7 %	5,4 %	4,5 %
Vodné plochy	–	–	–	0,3 %



Obr. 4.6 Grafické znázornenie percentuálneho zastúpenia spôsobov využitia územia (redukované) v povodí rieky Myjava z údajov získaných digitalizáciou mapových podkladov (hore) a (dole) porovnanie zmien súčasného spôsobu využitia územia a využitia územia na historických mapách (redukované)



4.2 Modelovanie odtoku z povodia zrážkovo-odtokovým modelom pri zmene spôsobu využitia územia

V predkladanej práci bol pre simulovanie odtoku z povodia použitý fyzikálne orientovaný z-o model WetSpa s priestorovo – rozčlenenými parametrami. Pre potreby analýzy prietokov pri zmene využitia územia bol v prvom kroku model kalibrovaný na pozorovaných údajoch a súčasnom využití územia na vybranom povodí rieky Myjava. Po získaní vhodných globálnych parametrov modelu boli následne v druhom kroku prepočítané rôzne scenáre zmeny spôsobu využitia územia, či už absolútne scenáre využitia územia (pri zohľadnení prevládajúceho typu využitia územia – orná pôda, nízka tráva alebo les) alebo scenáre využitia územia z jednotlivých historických mapovaní, ktoré nám môžu pomôcť pochopiť vplyv využitia územia na množstvo celkového odtoku z povodia, ako aj jeho jednotlivých zložiek (povrchový, podpovrchový odtok a priesak do nasýtenej zóny – pozemný odtok).

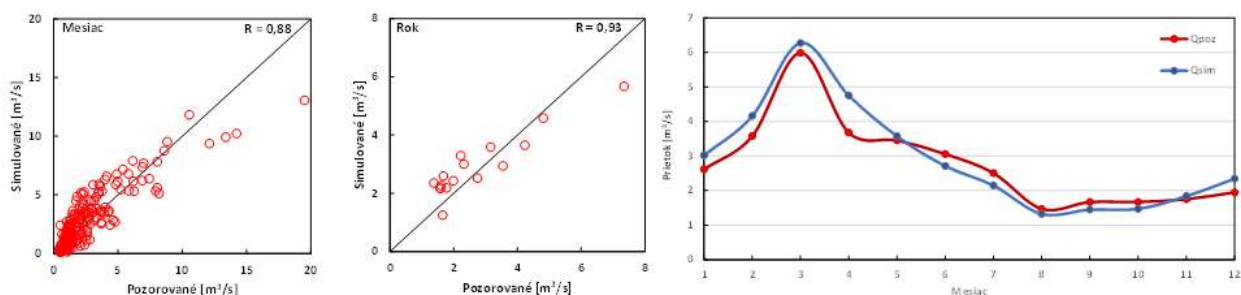
Kalibrácia globálnych parametrov z-o modelu a jeho parametrizácia

Parametrizácia z-o modelu patrí vo všeobecnosti medzi najdôležitejšie časti práce v rámci metodického postupu, kde vplyv kalibrácie na kvalitu simulácie prietokov je nepopierateľný a z hľadiska riešenia tej-ktorej úlohy veľmi významný. Pri kalibrácii globálnych parametrov z-o modelu boli použité časové rady priemerných denných prietokov pozorované v záverečnom profile povodia, časové rady úhrnov zrážok a potenciálnej evapotranspirácie v dennom časovom kroku a priemerné denné hodnoty teploty vzduchu z bodových meraní hydrometeorologických staníc, z ktorých boli odvodené vstupné mapy týchto veličín pomocou metódy Thiessenových polygónov. Fyzikálne orientované parametre modelu, závisiace od spôsobu využitia územia, ktoré vstupovali do modelu ako priestorové rastrové mapy, boli predpokladané podľa parametrov modelu WetSpa. Kalibrácia globálnych parametrov modelu bola pre vybrané povodie vykonaná na obdobie od 1.1.1997 do 31.12.2012, a to za predpokladaného súčasného spôsobu využitia územia. Pri kalibrácii bolo hľadaných 12 globálnych parametrov (Tab. 4.3).

Tab. 4.3 Hodnoty globálnych parametrov modelu WetSpa v kalibračnom období 1997 – 2012 na povodí Myjava – Šaštín Stráže

<i>Globálny parameter modelu WetSpa</i>	<i>Odhad</i>
k_i – súčiniteľ mierky pre podpovrchový odtok	4,997
k_g – koeficient výtokovej čiary podzemnej vody	0,853
k_{ss} – relatívna začiatočná vlhkosť pôdy	0,895
k_{ep} – pre opravu aktuálnej evapotranspirácie	0,523
G₀ – začiatočné množstvo podzemnej vody [mm]	55,108
G_{max} – maximálne množstvo podzemnej vody [mm]	159,831
k_{imp} – koeficient relatívneho zastúpenia nepriepustných plôch na urbanizovaných územiach	0,376
T₀ – hraničná teplota pre tvorbu zásob snehu, pri ktorej sa dážď mení na sneh [°C]	0,656
k_{snow} – „degree-day“ koeficient pre topenie snehu [mm.°C ⁻¹ .deň ⁻¹]	2,06
k_{rain} – koeficient pre opravu množstva pevných zrážok	0,255
K_{run} – vplyv intenzity dažďa na povrchový odtok	11,587
P_{max} – maximálna intenzita dažďa [mm.deň ⁻¹]	133,678

Ako kalibračná metóda bol použitý algoritmus harmonického prehľadávania (z angl. „harmony search“) (Geem a kol., 2002), ktorý sa používa pre lokalizáciu globálneho optima, alebo pre jeho dobrú aproximáciu pre cieľovú funkciu (Výleta, 2021). Na vyhodnotenie kvality simulácie prietokov v záverečnom profile povodia bol použitý koeficient Nash-Sutcliffe (NS), kde sa pri fyzikálne orientovaných parametroch podľa WetSpa podarilo dosiahnuť hodnotu 0,668. Takáto hodnota indikuje pomerne uspokojivú zhodu medzi pozorovanými a simulovanými prietokmi, avšak koeficient NS nemožno považovať za jediný ukazovateľ kvality simulácie. Z tohto dôvodu boli vykreslené aj priemerné ročné prietoky s korelačným koeficientom $R = 0,93$, priemerné mesačné prietoky s korelačným koeficientom $R = 0,88$ a dlhodobé priemerné mesačné hodnoty pozorovaných a simulovaných prietokov za obdobie rokov 1997 – 2012 (Obr. 4.7), ktoré indikujú, že model s dostatočnou presnosťou zohľadňuje zachovanie sezonality a prietokového režimu na povodí v rôznych časových mierkach.



Obr. 4.7 Porovnanie priemerných ročných (vľavo) a priemerných mesačných (v strede) pozorovaných a simulovaných prietokov a porovnanie dlhodobých priemerných mesačných pozorovaných a simulovaných prietokov za obdobie rokov 1997 – 2012 na povodí Myjava – Šaštín Stráže

Simulácia odtoku s použitím absolútnych scenárov spôsobu využitia územia

Z dôvodu lepšieho pochopenia zložitého procesu tvorby odtoku a vplyvu spôsobu využitia územia na množstvo celkového odtoku z povodia a jeho jednotlivé zložky (povrchový, podpovrchový a pozemný odtok – priesak do nasýtenej zóny) boli vytvorené tzv. absolútne scenáre spôsobu využitia územia, ktoré zohľadňujú ako prevládajúci spôsob využitia územia ornú pôdu (scenár „Orná pôda“), nízku trávu (scenár „Tráva“), lesy (scenár „Les“) a scenár nazývaný „Sklony“, ktorý bol vytvorený s cieľom zníženia odtoku z povodia protieróznymi opatreniami. Pri tomto scenári bola na všetky plochy so sklonmi menšími ako 12 % umiestnená orná pôda, na sklony medzi 12 % – 20 % trávnaté porasty a na sklony väčšie ako 20 % lesné porasty. Vo všetkých vytvorených scenároch boli zachované rovnaké plochy urbanizovaného územia podľa súčasného stavu.

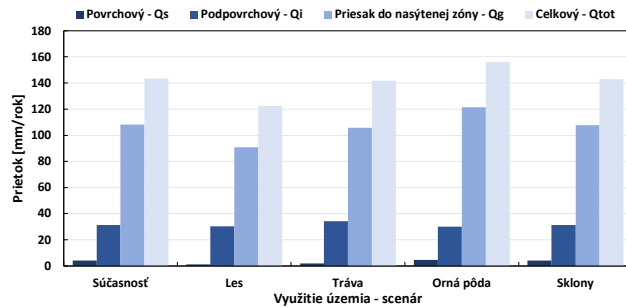
Celkový odtok z povodia je charakterizovaný ako súčet povrchového, podpovrchového a podzemného odtoku. Jeho zmeny, ako aj zmeny jednotlivých zložiek boli vyhodnotené porovnaním simulovaných priemerných denných prietokov a ich štatistických charakteristík pre súčasný stav (ďalej len referenčný scenár) a absolútne scenáre spôsobu využitia územia za obdobie rokov 1997 – 2012 (Tab. 4.4).

Tab. 4.4 Porovnanie simulovaných priemerných denných prietokov (mm/rok) a ich vybraných štatistických charakteristík pre súčasný stav a absolútne scenáre spôsobu využitia územia za obdobie rokov 1997 – 2012

Absolútne scenáre využitia územia	Evapotranspirácia	Povrchový odtok	Podpovrchový odtok	Priesak do nasýtenej zóny	Celkový odtok	Porovnanie so súčasným stavom	Celkový odtok	Evapotranspirácia
SUC_LU	543,22	4,04	31,31	108,17	143,53	SUC_LU	-	-
„Les“	565,56	1,15	30,26	90,95	122,36	„Les“	-14,75%	+4,11%
„Tráva“	545,44	1,80	34,19	105,79	141,78	„Tráva“	-1,22%	+0,41%
„Orná pôda“	530,10	4,62	30,11	121,41	156,14	„Orná pôda“	+8,78%	-2,42%
„Sklony“	543,75	3,95	31,35	107,69	142,98	„Sklony“	-0,38%	+0,10%

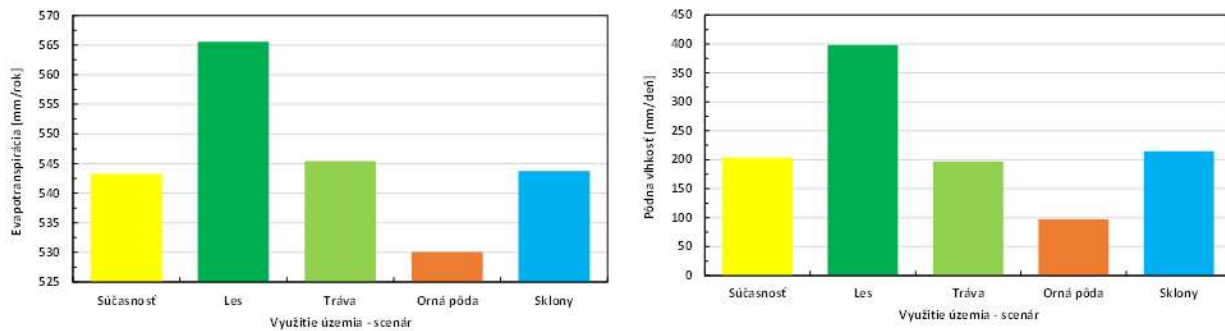
V scenári „Orná pôda“ sa celkový odtok v porovnaní so súčasným (referenčným) scenárom využitia územia zvýšil o + 8,8 % (povrchový odtok o + 14,2 %, podpovrchový odtok klesol o -3,8 % a podzemný odtok sa zvýšil o 12,2 %). Scenár „Tráva“ vykázal pokles celkového odtoku o -1,2 % a dokonca pokles o -55,6 % v povrchovom odtoku v porovnaní s referenčným scenárom (podpovrchový odtok nárast o + 9,2 % a podzemný odtok pokles o -2,2 %). Pre scenár "Les" celkový odtok klesol o -14,8 % a o -71,6 % povrchový odtok v porovnaní s referenčným scenárom. Pokles v tomto scenári možno badať aj u podpovrchového odtoku -3,4 % a podzemného odtoku o -15,9 %. Scenár "Sklony" bol veľmi podobný vo všetkých zložkách odtoku, ako aj v celkovom množstve odtoku z povodia v porovnaní s referenčným stavom. Najväčšia zmena bola pri povrchovom odtoku, a to -2,3 % oproti referenčnému scenáru. Táto skutočnosť môže indikovať, že súčasný stav spôsobu využitia územia je z hľadiska odtokového režimu vyvážený a pri podobnom hydrologickom režime ako bol v období rokov 1997 – 2012 by neboli potrebné žiadne výrazné zmeny v spôsobe využitia územia pre potreby zníženia odtoku z vybraného povodia. Tento scenár bol vytvorený za predpokladu protierózných opatrení založených na priestorovom

rozložení vegetácie podľa sklonov svahov, ktoré sú menej finančne náročné ako napr. väčšie vodohospodárske stavby (napr. poldre a nádrže). Pre lepšiu interpretáciu týchto výsledkov boli vykreslené jednotlivé zložky odtoku, ako aj celkový odtok z povodia (Obr. 4.8), kde sú prietoky prepočítané z m^3/s na mm/rok , aj vzhľadom na ostatné zložky bilancie ako evapotranspirácia a pôdna vlhkosť, ktoré sú v modeli tiež simulované v mm .



Obr. 4.8 Porovnanie priemerných ročných simulovaných prietokov podľa rôznych scenárov spôsobu využitia územia s referenčným scenárom (súčasný stav) využitia územia za obdobie rokov 1997 – 2012 na povodí Myjava – Šaštín Stráže

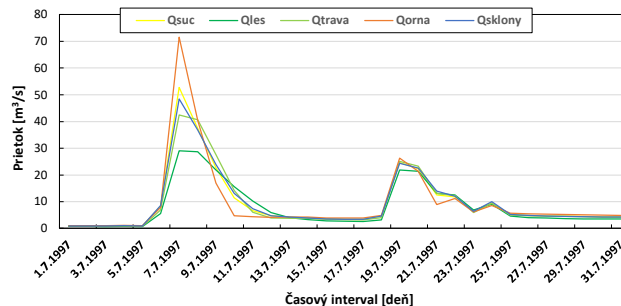
Z výsledkov vo všeobecnosti vyplýva, že sa celkový odtok, ako aj jeho jednotlivé zložky znižujú od scenára "Les" až po scenár „Tráva“, pričom v scenári „Orná pôda“ dochádza k výraznejšiemu zvýšeniu odtoku. V rámci tejto časti boli hodnotené aj zložky hydrologickej bilancie, ako evapotranspirácia a pôdna vlhkosť (Obr. 4.9), aby bolo možné niektoré procesy hydrologického cyklu vysvetliť a správne interpretovať.



Obr. 4.9 Porovnanie evapotranspirácie a priemernej dennej vlhkosti pôdy podľa rôznych scenárov spôsobu využitia územia s referenčným scenárom využitia územia za obdobie rokov 1997 – 2012 na povodí Myjava – Šaštín Stráže

Aktuálna evapotranspirácia a pôdna vlhkosť mala v týchto troch scenároch spôsobu využitia územia („Les“, „Tráva“ a „Orná pôda“) opačný trend ako celkový odtok, a to ak bol celkový odtok vyšší, hodnoty uvedených zložiek hydrologickej bilancie sú nižšie a naopak. V scenári „Sklony“ boli jednotlivé zložky hydrologickej bilancie podobné ako v referenčnom scenári – súčasný stav.

V rámci zvoleného modelovacieho obdobia rokov 1997 – 2012 bol vplyv zmeny spôsobu využitia územia hodnotený v absolútnych scenároch aj pre významnú povodňovú udalosť a to v mesiaci júl (letná povodeň) od 1.7.1997 do 31.7.1997 (Obr. 4.10). Z vykreslenia hydrogramov povodňovej udalosti z letného obdobia roku 1997 (júl) vidieť, že pri vyšších povodňových stavoch zohráva spôsob využitia územia ešte významnejšiu rolu z hľadiska prietokového režimu a odtoku vody z povodia.



Obr. 4.10 Porovnanie priemerných denných prietokov rôznych scenárov spôsobu využitia územia s referenčným scenárom využitia územia za vybranú povodňovú udalosť v období od 1.7.1997 do 31.7.1997 na povodí Myjava – Šaštín Stráže

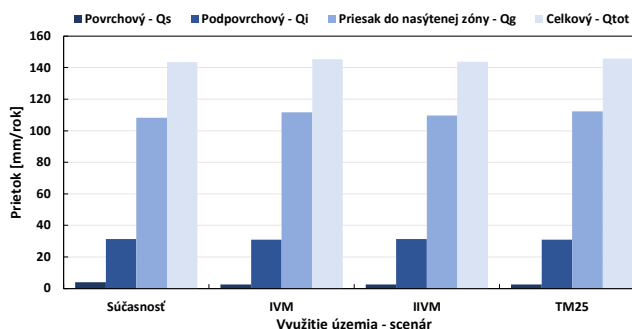
Simulácia odtoku s použitím historických scenárov spôsobu využitia územia

Táto časť práce je venovaná vplyvu zmeny spôsobu využitia územia na odtokové procesy za posledné dekády pomocou spracovaných a zvektorizovaných historických mapovaní. Pre vybrané povodie boli simulované priemerné denné prietoky na základe využitia vyššie spomínaných historických scenárov zmien využitia územia (I.VM, II.VM a TM25). Simulácia odtoku s použitím „historických“ scenárov spôsobu využitia územia bola realizovaná na základe kalibrovaných globálnych parametrov z-o modelu WetSpa z obdobia rokov 1997 – 2012. Zmeny celkového odtoku (v m³/s) boli vyhodnotené porovnaním medzi dlhodobými priemernými mesačnými prietokmi v záverečnom profile povodia pri súčasnom spôsobe využitia územia SUC_LU (referenčný scenár z roku 2010) a scenármi spôsobu využitia územia pochádzajúcich z historických mapovaní.

Tab. 4.5 Porovnanie dlhodobých priemerných mesačných prietokov (v m³/s) pri použití súčasného využitia územia a „historickými“ scenármi využitia územia vychádzajúcimi z historického mapovania za obdobie rokov 1997 – 2012 na povodí Myjava – Šaštín Stráže

Povodie	Scenár	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Myjava – Šaštín Stráže	SUC_LU	2,8	3,9	6,1	4,5	3,5	2,7	2,1	1,3	1,3	1,4	1,6	2,1
	I.VM	3,1	4,3	6,3	4,9	3,6	2,7	2,1	1,3	1,5	1,5	2,0	2,4
	II.VM	3,1	4,2	6,3	4,8	3,5	2,7	2,1	1,3	1,4	1,4	1,9	2,4
	TM25	3,1	4,3	6,3	4,8	3,6	2,7	2,1	1,3	1,5	1,5	1,9	2,4

Z Tab. 4.5 možno predpokladať, že odtokové pomery sa z hľadiska celkového množstva odtoku v záverečnom profile povodia výrazne nezmenili, čo môže byť spôsobené tým, že vybrané povodie sa vyznačuje spôsobom využitia územia, kde prevláda orná pôda a to od I.VM až po súčasnosť nad ostatnými kategóriami spôsobu využitia územia. Ako už bolo spomenuté a ukázané v predchádzajúcej časti, využitie ornej pôdy sa vyznačuje zvýšenou tvorbou odtoku a naopak zalesnenie územia prispieva k zabraňovaniu odtoku z povodia. Za posledné dekády dochádzalo síce k ubúdaniu ornej pôdy v rámci využitia územia na danom povodí, ale pribúdali plochy, ktoré pokrývali lesy, čo mohlo prispieť k vybalancovaniu prietokového režimu a celkový odtok sa v rámci takého veľkého povodia neprejavil. Na druhej strane možno predpokladať, že denný časový krok nie je postačujúci na to, aby sa vplyv spôsobu využitia územia na takom veľkom povodí výrazne prejavil. Toto tvrdenie dokladuje aj percentuálne porovnanie zmien simulovaných priemerných denných prietokov pre scenár súčasného stavu a scenáre z historického mapovania spôsobu využitia územia za obdobie rokov 1997 – 2012, kde sa počas I.VM celkový odtok z povodia zvýšil len o +1,30 %, v II.VM sa zvýšil o 0,13% a v TM25 sa zvýšil o 1,63 %, čo sú priam zanedbateľné hodnoty. Pre podrobnejšie zhodnotenie týchto výsledkov sú vykreslené taktiež jednotlivé zložky odtoku a celkový odtok z povodia, ktoré sú definované ako výška odtoku – prepočítané z m³/s na mm/rok (Obr. 4.11). Ako možno vidieť, ani prerozdelenie množstva celkového odtoku z povodia v rámci jeho jednotlivých zložiek sa výrazne nezmenilo. Ostatné zložky bilancie ako potenciálna evapotranspirácia a pôdna vlhkosť ostali v podstate tiež na rovnakej úrovni.



Obr. 4.11 Porovnanie priemerných ročných simulovaných prietokov podľa historických scenárov spôsobu využitia územia so scenárom súčasného stavu využitia územia za obdobie rokov 1997 – 2012 na povodí Myjava – Šaštín Stráže

ZÁVER

Riešenie dizertačnej práce bolo zamerané na splnenie dvoch základných cieľov. Prvým cieľom bola analýza zmien využitia územia na vybranom pilotnom povodí. Uvedený cieľ bol zameraný nielen na samotné zhodnotenie zmien spôsobu využitia územia na danom území, ale najmä na vytvorenie metodiky, ako tieto zmeny analyzovať a zhodnotiť z dostupných historických mapovaní na území Slovenska. Ako pilotné územie bolo vybrané povodie toku Myjava po vodomernú stanicu Myjava – Šaštín Stráže s rozlohou 643 km², ktoré sa nachádza v západnej časti Slovenska v prevažne hornatej oblasti Myjavskej pahorkatiny. Uvedené pilotné povodie sme vybrali z dôvodov, že ide o územie, ktoré bolo ovplyvnené ľudskou činnosťou najmä pokiaľ ide o spôsob využitia územia. Najväčšie zmeny nastali začiatkom 17. st. v období kopaničiarskej kolonizácie vplyvom rozsiahleho odlesňovania na úkor ornej pôdy, a neskôr v 20. st. v období kolektivizácie poľnohospodárstva vplyvom sceľovania pozemkov. Tento vývoj územia spôsobil, že v súčasnej dobe patrí prevažná časť povodia medzi územia charakteristické rýchlym odtokom, výraznými procesmi vodnej erózie pôdy a bahennými povodňami.

Prvá časť výsledkov bola získaná z vektorizácie historických máp pilotného povodia v prostredí ArcGIS. Vektorizované boli mapy využitia územia spracované z obdobia I.VM, II.VM, TM25 a mapa súčasného spôsobu využitia územia (SUC_LU). Výsledok vektorizácie predstavujú vytvorené grafické výstupy v podobe digitálnych máp využitia územia pre povodie rieky Myjava po vodomernú stanicu Myjava – Šaštín Stráže.

Druhá časť výsledkov z prvého hlavného cieľa práce bola samotná analýza zmien využitia územia z uvedených mapovaní, pričom sme sa zamerali najmä na vyčíslenie plošných zmien vo využívaní územia ako orná pôda, lesné a trávnaté porasty a urbanizované plochy územia. Ukázalo sa, že v priebehu časových horizontov jednotlivých mapovaní sa na povodí postupne znížili plochy ornej pôdy skoro o 20 %, zvýšili sa plochy lesných porastov takmer o polovicu oproti stavu z obdobia I.VM a taktiež sa postupne zvyšovali urbanizované územia, najmä vplyvom kolonizácie a následne postupným osídľovaním odľahlých miest povodia (vytváranie tzv. „Kopaníc“). Dnes, na základe súčasného využitia územia, dosiahli lesy oproti pôvodnému stavu (I.VM) nárast o takmer polovicu a plochy ornej pôdy klesli takmer o 20 %.

Druhým kľúčovým cieľom dizertačnej práce bolo posúdenie vplyvu zmeny využitia územia na tvorbu odtoku vo vybranom pilotnom povodí. Pre toto posúdenie bolo zvolené zrážkovo-odtokové modelovanie hydrologickým modelom s priestorovo – rozčlenenými parametrami WetSpa. Z-o model bol parametrizovaný pre dané povodie a súčasný stav využitia územia, pričom parametrizácia modelu predstavovala výber a nastavenie fyzikálne orientovaných priestorovo – rozčlenených parametrov modelu a kalibráciu globálnych parametrov modelu. Pri parametrizácii priestorovo – rozčlenených fyzikálne orientovaných parametrov modelu, ktoré vyjadrujú vlastnosti spôsobu využívania územia, sme overovali parametre modelu WetSpa. Pri kalibrácii globálnych parametrov modelu sme dosiahli uspokojivú hodnotu koeficienta Nash-Sutcliffe $NS = 0,668$.

Pri scenároch, ktoré sme nazvali ako „absolútne“, sme celý povrch povodia s výnimkou urbanizovaného územia súčasného stavu nahradili postupne ornou pôdou (scenár „Orná pôda“), nízkou trávou (scenár „Tráva“) a lesmi (scenár „Les“). Simulácie sme urobili pre kalibračné obdobie 1997 – 2012. Z výsledkov simulácií vyplynulo, že oproti súčasnému stavu nastalo zníženie odtoku pri scenári „Les“ (-16,8 %) a „Tráva“ (-1,2 %), a zvýšenie odtoku pri scenári „Orná pôda“ (+8,8 %). Najvýraznejšie sa zmena odtoku sa prejavila pri povrchovom odtoku, kde pri scenári „Les“ sa povrchový odtok znížil o -71,6 %, pri scenári „Tráva“ o -55,6 % a pre scenári „Orná pôda“ sa povrchový odtok zvýšil o +14,2 %. Tieto výsledky potvrdzujú výsledky aj iných autorov a vedomosti o tom, že lesné porasty sa najvýraznejšie podieľajú na znížení celkového odtoku z povodia. Relatívne zmeny odtoku zapríčinené spôsobom využitia územia sa najviac prejavili v zložke povrchového odtoku, aj keď si na druhej strane treba uvedomiť, že v absolútnej hodnote je táto zložka odtoku zo všetkých jeho zložiek najmenšia. Napriek tomu považujeme možnosti zníženia povrchového odtoku spôsobom využitia územia za významné, pretože pri rýchlych bahenných povodniach sa významne prejavuje práve zložka povrchového odtoku. Vidieť to aj z porovnania hydrogramov odtoku (Obr. 4.10) pri simulácii povodne z roku 1997, kde sa významne prejavili rozdiely v kulminácii povodne pri jednotlivých „absolútnych“ scenároch – približne 70 m³s⁻¹ pri scenári „Orná pôda“ a približne 30 m³s⁻¹ pri scenári „Les“.

Pri hodnotení ďalších zložiek hydrologickej bilancie simulovaných pre „absolútne scenáre“ vidieť, že aktuálna evapotranspirácia a vlhkosť pôdy mala v týchto troch scenároch spôsobu využitia územia („Les“, „Tráva“ a „Orná pôda“) opačný trend ako celkový odtok; ak bol celkový odtok vyšší, hodnoty uvedených zložiek hydrologickej

bilancie sú nižšie a naopak. V scenári „Sklony“ boli jednotlivé zložky hydrologickej bilancie podobné ako v referenčnom scenári – súčasný stav.

Pri scenároch vytvorených za predpokladu spôsobu využitia územia podľa historických máp sa zmeny odtoku prejavili minimálne. Dokladuje to aj percentuálne porovnanie zmien simulovaných priemerných denných prietokov pre súčasný (referenčný stav) a scenáre z historického mapovania spôsobu využitia územia za obdobie rokov 1997 – 2012, kde sa počas I.VM celkový odtok z povodia zvýšil len o +1,30 %, v II.VM sa zvýšil o 0,13% a v TM25 sa zvýšil o 1,63 %, čo sú takmer zanedbateľné hodnoty. Je to spôsobené tým, že celé povodie síce prešlo výraznými „negatívnymi“ zmenami od 17. storočia, od obdobia historického mapovania však tieto zmeny už nie sú výrazné a skôr sú pozitívne, pokiaľ ide o celkovú skladbu a spôsob využitia územia. Prejavilo sa to hlavne na postupnom znižovaní plôch ornej pôdy a súčasne zvyšovaním lesných porastov, resp. prechodných lesokrovín (v prípade neredukovaných spôsobov využitia územia).

Positívny trend vo vývoji spôsobu využitia územia na povodí sa prejavil aj pri predpoklade spôsobu využitia územia podľa scenára „Sklony“. Tento scenár bol vytvorený za predpokladu protierózných opatrení založených na priestorovom rozložení vegetácie podľa sklonov svahov, ktoré sú menej finančne náročné na zabezpečenie zníženia najmä povrchového odtoku ako napr. väčšie vodohospodárske stavby (napr. poldre a nádrže). Pri tomto scenári boli všetky územia ornej pôdy umiestené do sklonov menších ako 12 %, všetky trávnaté porasty do sklonov medzi 12 a 20 % a všetky lesné porasty do sklonov nad 20 %. Výsledky simulácie odtoku boli veľmi podobné vo všetkých zložkách odtoku, ako aj v celkovom množstve odtoku z povodia v porovnaní s referenčným stavom, čo môže indikovať, že súčasný stav spôsobu využitia územia je z hľadiska odtokového režimu vyvážený a pri podobnom hydrologickom režime ako bol v období rokov 1997 – 2012 by neboli potrebné žiadne výrazné zmeny v spôsobe využitia územia pre potreby zníženia odtoku z vybraného povodia.

Na záver treba zdôrazniť, že schopnosť hydrologického modelovania zachytiť zmenu spôsobu využívania územia závisí od spôsobu konceptualizácie jednotlivých procesov hydrologickej bilancie a tvorby odtoku v z-o modeli, od použitých parametrov a od toho, ako fyzikálne orientované parametre modelu dokážu interpretovať procesy hydrologickej bilancie. Predpokladáme, že pre citlivejšie zachytenie zmien spôsobu využívania územia je potrebné urobiť simulácie v menšej priestorovej a časovej mierke, denný krok v tomto prípade nemusí stačiť. Na pomerne veľkom území povodia rieky Myjava, sa nie veľmi výrazná celková zmena spôsobu využitia územia mohla prejavíť na zmene odtoku na niektorých plochách (častiach) povodia, avšak táto sa nemusí prejavíť v celkovom odtoku, simulovanom v záverečnom profile povodia.

LITERATÚRA

- BAILY, B. (2007):** „*The extraction of digital vector data from historic land use maps of Great Britain using image processing techniques*“, e-Perimtron, 2(4), s. 209 – 223.
- BEVEN, K.J. (2001):** *Rainfall-runoff modelling*. John Wiley&Sons Ltd., Chichester, 360 p.
- BOLTIŽIAR, M., OLAH, B. (2009):** *Krajina a jej štruktúra (mapovanie, zmeny a hodnotenie)*. [Vysokoškolské skriptá], Fakulta prírodných vied Univerzity Konštantína Filozofa v Nitre, 1. vydanie, 150 s., Nitra.
- BOLTIŽIAR, M., OLAH, B., PETROVIČ, F. (2013):** *Historical Maps – Data Sources for the Research of Landscape Changes* [online]. In: *Životné prostredie*, [cit. 5.12.2016], 47, p. 8 – 12, dostupné na: http://147.213.211.222/sites/default/files/2013_1_008_012_boltiziar.pdf.
- BRONSTERT, A., NIEHOFF, D., BÜRGER, L. (2002):** *Effects of climate and land – usechange on storm runoff generation: Present knowledge and modelling capabilities*. In: *Hydrological Processes*, 16 (2), p. 509 – 529, DOI: 10.1002/hyp.326.
- CAJTHAML, J., KREJČÍ, J. (2008):** *Využití starých map pro výzkum krajiny*. Katedra mapování a kartografie, Fakulta stavební, ČVUT v Praze, Praha.
- DE SMEDT F., LIU Y.B., QIAO, Y. (2002):** *Prediction of floods with the WetSpa model*. *Annals of the Warsaw Agricultural University – SGGW, Land reclamation* No 33: 71-80.
- ECKHARDT, K.S., BREUER, L., FREDE, H. G. (2003):** *Parameter uncertainty and the significance of simulated land use change effects*. *J. Hydrol.* 273, p. 164 – 176.
- FERANEC, J., OŤAHEĽ, J. (2001):** *Krajinná pokrývka Slovenska*. Veda, vydavateľstvo SAV, 124 s., Bratislava.

- GEEM, Z.W., KIM, J.H., LOGANATHAN, G.V. (2002):** Harmony search optimization: Application to pipe network design, *Int. J. Modell. Simulat.*, 22(2), s. 125-133.
- HLAVČOVÁ, K., SZOLGAY, J., KOHNOVÁ, S., KOSTKA, Z. (2007):** *Use of Distributed Rainfall – runoff Models for Estimation of the Land – use Impact on Runoff Regime in Basins.* Život. Prostr., Vol. 41, No. 4, p. 206 – 211.
- KOČICKÝ, D., MARETTA, M. (2016):** *Spatial Variability of Hydrological Processes in the Vydranka Catchment.* Životné prostredie, 50, 3, s. 167 – 175.
- KULHAVÝ, Z., KOVÁŘ, P. (2002):** *Využití modelů hydrologické bilance pro malá povodí.* VÚMOP, 123 s., Praha.
- LIU, Y.B., GEBREMESKEL, S., DE SMEDT, F., HOFFMANN, L., PFISTER, L. (2003):** *A diffusive transport approach for flow routing in GIS-based flood modeling.* Journal of Hydrology, 283:91-106.
- LUNDIN, L. C. et al. (2000):** *Hydrological models and modelling.* Sustainable Water Management in the Baltic Sea Basin, 1. The Waterscape - The Baltic University Programme, Uppsala University, s. 129 – 140.
- MALIARIKOVÁ, M. (2015):** *Analýza využitia územia z historických máp na povodí Myjavy.* [Diplomová práca] Slovenská technická univerzita v Bratislave. Stavebná fakulta; Katedra vodného hospodárstva krajiny, 88 s.
- MINĎÁŠ, J., ŠKVARENINA, J. a kol. (2010):** *Lesy Slovenska a voda.* [Vedecká monografia], Vydavateľstvo Technickej univerzity vo Zvolene, 1. vydanie, 129 s., Zvolen, ISBN 978-80-228-2216-9.
- NASH, J.E., SUTCLIFFE, J.V. (1970):** „River flow forecasting through conceptual models 1. A discussion of principles“, *J. Hydrology*, 10(3), s. 282 – 290.
- OŤAHEĽ, J., FERANEC, J. (2006):** „Výskum a mapovanie využitia krajiny: minulosť a súčasnosť v kontexte Slovenska“. *Geografický časopis*, 58(2), pp. 105 – 123.
- RONČÁK, P., HLAVČOVÁ, K. (2015):** *Estimation of the effect of changes in forest associations on runoff processes in basins.* Catchment Processes in Regional Hydrology: Linking experiments and modelling in Carpathian drainage basins [CD-ROM], Sopron: University of West Hungary Press, ISBN 978-963-334-268-8.
- RONČÁK, P. (2016):** *Parametrizácia zrážkovo – odtokových modelov pre modelovanie odtoku v podmienkach zmeny klímy.* [Dizertačná práca], Stavebná fakulta, Katedra vodného hospodárstva krajiny, Slovenská technická univerzita v Bratislave, 115 s., Bratislava.
- STANKOVIANSKY, M. (1997):** „Antropogénne zmeny krajiny Myjavskej kopaničiarskej oblasti“. *Životné prostredie*, 31(2), 6 s.
- VÝLETA, R. (2021):** *Generátor počasia pre zrážkovo-odtokové modelovanie hydrologických extrémov a variability odtokového procesu (habilitačná práca),* Slovenská technická univerzita v Bratislave.
- WANG, Z., BATELLAN, O., DE SMEDT, F. (1996):** „A Distributed Model For Water And Energy Transfer Between Soil, Plants And Atmosphere (Wetspa)“, *Phys. Chem. Earth*, 21, s. 189 – 193.
- ŽIGRAI, F. (2000):** *Význam časopriestoru pri transformácii kultúrnej krajiny.* Geografické štúdie, s. 51 – 60.

INTERNETOVÉ ODKAZY

- [1] <http://geoportal.gov.sk/sk/cat-client> [cit.7.1.2017]
- [2] <http://www.staremapy.sk/> [cit.7.1.2017]
- [3] <http://geoportal.gov.sk/sk/map?permalink=85fee94730605ec9aad47e531552ea54> [cit.9.1.2017]
- [4] <https://www.geoportal.sk/sk/archiv/vojenske-mapy/vojenske-topograficke-mapy/> [cit.10.1.2017]
- [5] Zdroj dát: Mapové služby CORINE Slovakia: © Slovenská agentúra životného prostredia, Banská Bystrica, GIS vrstva CORINE landcover: © Slovenská agentúra životného prostredia, Banská Bystrica

PUBLIKAČNÁ ČINNOSŤ

V2 Vedecký výstup publikačnej činnosti ako časť editovanej knihy alebo zborníka

- V2_01 DANÁČOVÁ, Michaela - VÝLETA, Roman - ALEKSIČ, Milica - MALIARIKOVÁ, Marcela - NOSKO, Radovan. 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*

- V2_02 11th May 2021, online. 1. vyd. Brno : Mendel University in Brno, 2021, S. 84-88. ISSN 2336-6311. ISBN 978-80-7509-779-8. V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85108025520. Kategória publikácie do 2021: AFC
HLAVČOVÁ, Kamila - RONČÁK, Peter - MALIARIKOVÁ, Marcela - LÁTKOVÁ, Tamara - KORBEĽOVÁ, Lenka. Changes in hydrological regime under changed climate and forest conditions in mountainous basins in Slovakia. In *Geophysical Research Abstracts. Volume 18/2016 [elektronický zdroj] : the open-access abstracts of the EGU General Assemblies*. Göttingen : Copernicus Publications, 2016, online, [1] s. ISSN 1607-7962. Kategória publikácie do 2021: AFG
- V2_03 HLAČOVÁ, Kamila - NOSKO, Radovan - MALIARIKOVÁ, Marcela. Formation and development of the gully erosion in the Myjava catchment in Slovakia due to land use changes. In *Geophysical Research Abstracts. Volume 21/2019 [elektronický zdroj] : the open-access abstracts of the EGU General Assemblies*. Göttingen : Copernicus Publications, 2019, online, [1] s. ISSN 1607-7962. Kategória publikácie do 2021: AFG
- V2_04 MALIARIKOVÁ, Marcela. Analýza využitia územia z historických máp na povodí Myjavy. In *27. konferencia mladých hydroológov, 14. konferencia mladých vodohospodárov, 16. konferencia mladých meteorológov a klimatológov [elektronický zdroj] : zborník príspevkov. Bratislava, SR, 5. 11. 2015*. 1. vyd. Bratislava : Slovenský hydrometeorologický ústav, 2015, CD-ROM, [12] s. ISBN 978-80-88907-89-3. Kategória publikácie do 2021: AFD
- V2_05 MALIARIKOVÁ, Marcela - NOSKO, Radovan - MINARIČ, Peter - LÁTKOVÁ, Tamara. Možnosti stanovenia vlhkostných retenčných kriviek pre povodie rieky Myjava. In *Transport vody, chemikálií a energie v systéme pôda-rastlina-atmosféra. 23. posterový deň s medzinárodnou účasťou a Deň otvorených dverí na ÚH SAV : abstrakty. Bratislava, SR, 10. november 2016 = Transport of Water, Chemicals and Energy in the Soil-Plant-Atmosphere System. 23rd International Poster Day and Institute of Hydrology Open Day, abstracts*. 1. vyd. Bratislava : Ústav hydrológie SAV, 2016, S. 14. ISBN 978-80-89139-38-5. Kategória publikácie do 2021: AFH
- V2_06 MALIARIKOVÁ, Marcela - NOSKO, Radovan - LÁTKOVÁ, Tamara. Experimentálne poľné merania povrchového odtoku pomocou zrážkového simulátora. In *Seminář Adolfa Patery 2016 [elektronický zdroj] : Úloha nádrží při zvládnání extrémních hydrologických jevů v povodích. Sborník příspěvků. Praha, ČR, 16. 11. 2016*. 1. vyd. Praha : České vysoké učení technické v Praze, 2016, CD-ROM, s. 133-142. ISBN 978-80-01-06048-3. Kategória publikácie do 2021: AFC
- V2_07 MALIARIKOVÁ, Marcela. Analýza zmien spôsobu využitia územia na povodí Myjavy a ich vplyv na odtokové procesy z povodia. In *Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering [elektronický zdroj] : 26th Annual PhD Student Conference on Architecture and Construction Engineering, Building Materials, Structural Engineering, Water and Environmental Engineering, Transportation Engineering, Surveying, Geodesy, and Applied Mathematics. 26. October 2016, Bratislava*. 1. vyd. Bratislava : Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2016, CD-ROM, s. 226-233. ISBN 978-80-227-4645-8. Kategória publikácie do 2021: AFD
- V2_08 MALIARIKOVÁ, Marcela. Zmeny v spôsobe využitia územia a v ekologickej stabilite krajiny v povodí rieky Myjava. In *Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering [elektronický zdroj] : 27th Annual PhD Student Conference on Applied Mathematics, Applied Mechanics, Geodesy and Cartography, Landscaping, Building Technology, Theory and Structures of Buildings, Theory and Structures of Civil Engineering Works, Theory and Environmental Technology of Buildings, Water Resources Engineering. 25. October 2017, Bratislava, Slovakia*. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2017, CD-ROM, s. 179-185. ISBN 978-80-227-4751-6. Kategória publikácie do 2021: AFD
- V2_09 MALIARIKOVÁ, Marcela. Citlivosť zrážkovo – odtokového modelu pri zmene vybraných parametrov využitia územia. In *Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering [elektronický zdroj] : 28th Annual PhD Student Conference on Applied Mathematics, Applied Mechanics, Building Technology, Geodesy and Cartography, Landscaping, Theory and Environmental Technology of Buildings, Theory and Structures of Buildings, Theory and Structures of Civil Engineering Works, Water Resources Engineering. October 24th 2018, Bratislava*. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2018, CD-ROM, s. 201-207. ISBN 978-80-227-4864-3. Kategória publikácie do 2021: AFD
- V2_10 MALIARIKOVÁ, Marcela - NOSKO, Radovan - VÝLETA, Roman - DANÁČOVÁ, Michaela - VALENT, Peter. Monitoring of changes in gully erosion in the Myjava catchment from the 18th century to the present. In *Geophysical Research Abstracts. Volume 20/2018 [elektronický zdroj] : the open-access abstracts of the EGU General Assemblies*. Göttingen : Copernicus Publications, 2018, online, [1] s. ISSN 1607-7962. Kategória publikácie do 2021: AFG

- V2_11 NOSKO, Radovan - MALIARIKOVÁ, Marcela. Využitie historických máp pri hodnotení zmeny využitia krajiny a vzniku erózných výmoľov a ich vývoj v čase. In *Juniorstav 2017 [elektronický zdroj] : 19. odborná konferencia doktorského studia. Brno, ČR, 26. 1. 2017* = Juniorstav 2017, 19th International Conference of PhD Students. 1. vyd. Brno : Vysoké učení technické v Brně, 2017, USB kľúč, [8] s. ISBN 978-80-214-5473-6. Kategória publikácie do 2021: AFC
- V2_12 NOSKO, Radovan - VÝLETA, Roman - MALIARIKOVÁ, Marcela - DANÁČOVÁ, Michaela. Monitorovanie erózneho výmoľa - prípadová štúdia v Turej Lúke. In *Transport vody, chemikálií a energie v systéme pôda-rastlina-atmosféra. 24. Posterový deň s medzinárodnou účasťou a Deň otvorených dverí na ÚH SAV [elektronický zdroj] : zborník recenzovaných príspevkov. Bratislava, SR, 8. november 2017* = Transport of Water, Chemicals and Energy in the Soil-Plant-Atmosphere System. 24th International Poster Day and Institute of Hydrology Open Day, proceedings of peer-reviewed contributions. 1. vyd. Bratislava : Ústav hydrológie SAV, 2017, CD-ROM, s. 189-200. ISBN 978-80-89139-40-8. Kategória publikácie do 2021: AFD
- V2_13 NOSKO, Radovan - MALIARIKOVÁ, Marcela - VÝLETA, Roman - DANÁČOVÁ, Michaela - HLAVČOVÁ, Kamila. Measurement, monitoring and assessment of changes in gully erosion in the Myjava river basin. In *HydroCarpath 2017. Catchment Processes in Regional Hydrology: Experiments, Patterns and Predictions : abstracts of the conference. Vienna/Bratislava/Sopron, 1. 12. 2017*. 1. vyd. Sopron : University of Sopron Press, 2017, S. 32-33. ISBN 978-963-359-092-8. Kategória publikácie do 2021: AFG
- V2_14 NOSKO, Radovan - MALIARIKOVÁ, Marcela - JARABICOVÁ, Miroslava - DANÁČOVÁ, Michaela - VÝLETA, Roman. Určovanie nasýtenej hydraulickej vodivosti v podmienkach Slovenska. In *Vplyv antropogénnej činnosti na vodný režim nížinného územia [elektronický zdroj] : zborník recenzovaných príspevkov z X. vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou. Zemplínska šírava, SR, 22. - 24. 5. 2018* = Influence of anthropogenic activities on water regime of lowland territory, proceedings of peer-reviewed contributions. 1. vyd. Bratislava : Ústav hydrológie SAV, 2018, USB kľúč, s. 156-163. ISBN 978-80-89139-41-5. Kategória publikácie do 2021: AFD
- V2_15 NOSKO, Radovan - MALIARIKOVÁ, Marcela - FENCÍK, Róbert - SZOLGAY, Ján. Využitie metód zberu priestorových dát pre účely zamerania výmoľa v lokalite Turá Lúka. In *GeoKARTO 2018 : zborník abstraktov z medzinárodnej konferencie konanej 6. - 7. septembra 2018 vo Zvolene*. 1. vyd. Bratislava: Kartografická spoločnosť Slovenskej republiky, 2018, S. 22. ISBN 987-80-89060-25-2. Kategória publikácie do 2021: AFH
- V2_16 NOSKO, Radovan - MALIARIKOVÁ, Marcela. Vplyv vegetácie na povrchový odtok. In *Juniorstav 2019 [elektronický zdroj] : sborník příspěvků. 21. odborná konferencia doktorského studia s mezinárodní účastí. Brno, ČR, 31. 1. 2019* = Juniorstav 2019, proceedings of the 21st International Conference of doctoral Students. 1. vyd. Brno : ECON publishing, 2019, USB kľúč, s. 360-366. ISBN 978-80-86433-71-4. Kategória publikácie do 2021: AFC
- V2_17 RONČÁK, Peter - HLAVČOVÁ, Kamila - SZOLGAY, Ján - MALIARIKOVÁ, Marcela - NOSKO, Radovan - KESZELIOVÁ, Anita. Assessment of changes in forest composition in future decades in Slovakia and their impact on runoff processes. In *Geophysical Research Abstracts. Volume 20/2018 [elektronický zdroj] : the open-access abstracts of the EGU General Assemblies*. Göttingen : Copernicus Publications, 2018, online, [1] s. ISSN 1607-7962. Kategória publikácie do 2021: AFG
- V2_18 VALENT, Peter - RONČÁK, Peter - MALIARIKOVÁ, Marcela - BEHAN, Štefan. Utilization of historical maps in studies on the impact of changes in land use: a case study from the Myjava River basin. In *HydroCarpath 2016. Catchment Processes in Regional Hydrology: From Plot to Regional Scales - Monitoring Catchment Processes and Hydrological Modelling : abstracts of the conference. Vienna/Bratislava/Sopron, 27. 10. 2016*. 1. vyd. Sopron : University of West Hungary Press, 2016, S. 25. ISBN 978-963-334-296-1. Kategória publikácie do 2021: AFG
- V2_19 VALENT, Peter - RONČÁK, Peter - MALIARIKOVÁ, Marcela - NOSKO, Radovan - DANÁČOVÁ, Michaela. Impact of Land Use Changes on Long-term and Extreme Runoff Over a Period of Three Centuries: a Case Study from Myjava River Basin, Slovakia. In *Geophysical Research Abstracts. Volume 19/2017 [elektronický zdroj] : the open-access abstracts of the EGU General Assemblies*. Göttingen : Copernicus Publications, 2017, online, [1] s. ISSN 1607-7962. Kategória publikácie do 2021: AFG

V3 Vedecký výstup publikačnej činnosti z časopisu

- V3_01 DANÁČOVÁ, Michaela - ĎURIGOVÁ, Mária [Haburajová, Mária] - MALIARIKOVÁ, Marcela - HLAVČOVÁ, Kamila. Experimentálne merania vzniku povrchového odtoku pomocou simulátora dažďa v laboratórnych podmienkach. In *Acta hydrologica Slovaca*. Roč. 17, č. 2 (2016), s. 252-259. ISSN 1335-6291 (2016). Kategória publikácie do 2021: ADF
- V3_02 DANÁČOVÁ, Michaela - NOSKO, Radovan - MALIARIKOVÁ, Marcela - KANDERA, Miroslav - VÝLETA, Roman. Porovnanie nasýtenej hydraulickéj vodivosti stanovené laboratórnou a empirickou metódou podľa Špačka. In *Acta hydrologica Slovaca [elektronický zdroj]*. Roč. 20, č. 1 (2019), online, s. 80-88. ISSN 2644-4690 (2019). V databáze: DOI: 10.31577/ahs-2019-0020.01.0009. Kategória publikácie do 2021: ADF
- V3_03 MALIARIKOVÁ, Marcela - NOSKO, Radovan - LÁTKOVÁ, Tamara - SKALOVÁ, Jana - MINARIČ, Peter. Možnosti stanovenia vlhkostných retenčných kriviek pre povodie rieky Myjava. In *Acta hydrologica Slovaca*. Roč. 17, č. 2 (2016), s. 313-321. ISSN 1335-6291 (2016). Kategória publikácie do 2021: ADF
- V3_04 NOSKO, Radovan - MALIARIKOVÁ, Marcela - HLAVČOVÁ, Kamila. Vplyv zmien využitia územia na ekologickú stabilitu krajiny v povodí rieky Myjava. In *Czech Journal of Civil Engineering [elektronický zdroj]*. Vol. 3, iss. 2 (2017), online, s. 136-142. ISSN 2336-7148. Kategória publikácie do 2021: ADE
- V3_05 NOSKO, Radovan - VÝLETA, Roman - MALIARIKOVÁ, Marcela - DANÁČOVÁ, Michaela. Monitorovanie účinnosti technických opatrení v eróznom výmole modernými technológiami. In *Acta hydrologica Slovaca*. Roč. 19, č. 1 (2018), s. 84-92. ISSN 1335-6291 (2018). Kategória publikácie do 2021: ADF
- V3_06 NOSKO, Radovan - MALIARIKOVÁ, Marcela - FENCÍK, Róbert - SZOLGAY, Ján. Porovnanie metód zberu priestorových dát pre účely zamerania výmole v lokalite Turá Lúka. In *Kartografické listy*. Roč. 26, č. 2 (2018), s. 63-75. ISSN 1336-5274 (2018). Kategória publikácie do 2021: ADF
- V3_07 NOSKO, Radovan - MALIARIKOVÁ, Marcela - BRZIAK, Adam - KUBÁŇ, Martin. Formation of gully erosion in the Myjava region. In *Slovak Journal of Civil Engineering*. Vol. 27, no. 3 (2019), s. 63-72. ISSN 1210-3896 (2019). V databáze: WOS: 000489334200008 ; DOI: 10.2478/sjce-2019-0023. Kategória publikácie do 2021: ADN
- V3_08 RONČÁK, Peter - MALIARIKOVÁ, Marcela - NOSKO, Radovan - KORDZAKHIA, George - KORDZAKHIA, Marina. Utilization of a Rainfall-Runoff Hydrological Model in Studies on the Impact of Land Use Changes: Case Study from Georgia. In *Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences*. Vol. 12, no. 2 (2018), online, s. 63-69. ISSN 0132-1447 (2018: 0.189 - SJR, Q3 - SJR Best Q). V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85054470972. Kategória publikácie do 2021: ADM
- V3_09 RONČÁK, Peter - MALIARIKOVÁ, Marcela - NOSKO, Radovan. Zmeny využitia územia a ich vplyv na zložky hydrologickej bilancie povodia Bolnistskali v Gruzínsku. In *Czech Journal of Civil Engineering [elektronický zdroj]*. Vol. 4, iss. 2 (2018), online, s. 114-120. ISSN 2336-7148. Kategória publikácie do 2021: ADE
- V3_10 VALENT, Peter - MALIARIKOVÁ, Marcela - RONČÁK, Peter - HLAVČOVÁ, Kamila - RANDUSOVÁ, Beata [Karbová, Beata]. Analýza zmeny spôsobu využitia územia z historických máp na povodí Myjavy. In *Acta hydrologica Slovaca*. Roč. 16, tematické číslo 1 (2015), s. 152-160. ISSN 1335-6291 (2015). Kategória publikácie do 2021: ADF
- V3_11 VALENT, Peter - RONČÁK, Peter - MALIARIKOVÁ, Marcela - BEHAN, Štefan. Utilization of historical maps in the land use change impact studies: a case study from Myjava river basin. In *Slovak Journal of Civil Engineering*. Vol. 24, no. 4 (2016), s. 15-26. ISSN 1210-3896 (2016). V databáze: WOS: 000393205200003 ; DOI: 10.1515/sjce-2016-0018. Kategória publikácie do 2021: ADN
- V3_12 VALENT, Peter - RONČÁK, Peter - MALIARIKOVÁ, Marcela - KOHNOVÁ, Silvia - SZOLGAY, Ján - HLAVČOVÁ, Kamila. Posúdenie vplyvu využitia územia a manažmentu na tvorbu odtoku v povodí Myjavy. In *Acta hydrologica Slovaca*. Roč. 18, č. 2 (2017), s. 165-173. ISSN 1335-6291 (2017). Kategória publikácie do 2021: ADF

Štatistika: kategória publikačnej činnosti od 2022

V2	Vedecký výstup publikačnej činnosti ako časť editovanej knihy alebo zborníka	19
V3	Vedecký výstup publikačnej činnosti z časopisu	12
Súčet		31