

Ing. Marija Mihaela Labat

POSÚDENIE VPLYVU ZMENY VYUŽITIA ÚZEMIA NA NÁVRHOVÉ
PRIETOKY V POVODIACH

Autoreferát dizertačnej práce

na získanie akademického titulu doktor (philosophiae doctor, PhD.)
v doktorandskom študijnom programe:

3659 - Vodohospodárske inžinierstvo

Bratislava 2022

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA v BRATISLAVE

STAVEBNÁ FAKULTA

Meno a priezvisko: Ing. Marija Mihaela Labat

Autoreferát dizertačnej práce:

Posúdenie vplyvu zmeny využitia územia na návrhové prietoky v povodiach

Na získanie akademického titulu:

doktor (philosophiae doctor, v skratke „PhD.“)

V doktorandskom študijnom programe:

3659 – Vodohospodárske inžinierstvo

V študijnom odbore:

35. - stavebníctvo

Forma štúdia:

denná

Miesto a dátum:

Bratislava, 7.11.2022

Dizertačná práca bola vypracovaná na:

Katedre vodného hospodárstva krajiny, Stavebnej fakulty, Slovenskej technickej univerzity v Bratislave

Predkladateľ: Ing. Marija Mihaela Labat

Katedra vodného hospodárstva krajiny, Stavebná fakulta STU,
Radlinského 11, 810 05 Bratislava

Školiteľ:

prof. Ing. Kamila Hlavčová, PhD.
Katedra vodného hospodárstva krajiny, Stavebná fakulta STU,
Radlinského 11, 810 05 Bratislava

Oponenti:

prof. Ing. Milan Čistý, PhD.
Katedra vodného hospodárstva krajiny, Stavebná fakulta STU,
Radlinského 11, 810 05 Bratislava

Ing. Patrik Sleziak, PhD.
Ústav hydrológie SAV,
Dúbravská cesta 9, 841 04 Bratislava

Ing. Katarína Kotríková, PhD.
Slovenský hydrometeorologický ústav
Jeséniova 17, 833 15 Bratislava

Autoreferát bol rozoslaný:.....

Obhajoba dizertačnej práce sa bude konať dňa: o hodine
na Katedre vodného hospodárstva krajiny, Stavebnej fakulte STU, Radlinského 11,
810 05 Bratislava.

.....
prof. Ing. Stanislav Unčík, PhD.
Dekan

OBSAH

ÚVOD	1
1 MODELOVANIE TVORBY ODTOKU V POVODIACH	2
1.2 SCS-CN metóda (Soil Conservation Service – Curve Number)	2
2 KLIMATICKÉ MODELY	3
3 CIELE DIZERTAČNEJ PRÁCE	3
4 METODIKA A VSTUPNÉ ÚDAJE	4
4.1 Stanovenie návrhového kulminačného prietoku pomocou SCS-CN	4
4.2 Stanovenie doby koncentrácie odtoku	4
4.3 Stanovenie parametra CN	4
4.4 Stanovenie návrhových dažďov	5
5 OPIS POVODÍ	5
6 VÝSLEDKY PRÁCE	6
6.1 Posúdenie zmeny využitia územia na Slovensku	6
6.2 Odhad návrhových kulminačných prietokov	7
6.2.1 Vplyv zmeny využitia územia na návrhové kulminačné prietoky v období 1990 – 2018	7
6.2.2 Vplyv klimatických zmien na návrhové kulminačné prietoky	8
7 ZÁVER	9
SUMMARY	16
LITERATÚRA	17
PREHĽAD PUBLIKAČNEJ ČINNOSTI	18

ÚVOD

Zmeny a variabilita klimatických podmienok spolu s ľudskou činnosťou sú hlavnými faktormi, ktoré ovplyvňujú hydrologické pomery v povodí. Nárast extrémnych hydrologických udalostí spôsobil celosvetové environmentálne problémy s priamymi

dopadmi na ekonomiku a životy veľkej časti populácie. Aj keď sú zrážky najdôležitejšie externé faktory, ktoré ovplyvňujú výskyt povodní, pozornosť si vyžaduje aj mierka a intenzita zmien využitia územia, ako napr. zmeny v lesnom hospodárstve, zvýšená ochrana ekosystémov a prírodných opatrení na zachytávanie vody, zmena vegetácie ako odozva na klimatické a ekologické zmeny, zmeny legislatívy a pod. Santos a kol. (2021) uvádzajú ľudské kroky, ktoré majú za následok zmeny využívania územia, ako sú odlesňovanie a nahradenie inej pôvodnej vegetácie poľnohospodárstvom, urbanizovanou plochou alebo inými plochami, ktoré nie vždy poskytujú tak dobrú ochranu pôdy pred účinkami zrážok (Ursulino a kol., 2019). Nepriaznivé zmeny vo využití krajiny pôsobia na tvorbu povodní tým, že ovplyvňujú niekoľko dôležitých charakteristík pôd, ako sú napr. rozšírenie nepriepustných povrchov, zmeny v drsnosti povrchu, zníženie infiltračnej kapacity a akumulácie kapacity pôd, zhutnenie pôdnych vrstiev a pod. Podiel zrážok, ktoré sa menia na povrchový odtok, sa zvyšuje spolu so zvyšovaním nepriepustnosti povodia.

1 MODELOVANIE TVORBY ODTOKU V POVODIACH

V odvetí hydrologie došlo za posledné desaťročia k značnému pokroku najmä v problematike modelovania zrážkovo – odtokových procesov. Prvé matematické modely boli jednoduché koncepčné so sústredenými parametrami. Prioritne boli zamerané na modelovanie celkového odtoku z povodia a zvlášť na modelovanie povodňového odtoku. Matematické modely sa postupne vyvinuli na komplexné distribuované modely, ktoré sa snažia napodobniť všetky procesy pohybu vody v povodí a využívajú priestorovo rozčlenené parametre založené na riešení parciálnych diferenciálnych rovníc. Pokrok nastal aj v oblasti technológií, rozvinuli sa metódy získavania dát a spôsoby spracovania dát (napr. údaje o prietokoch, teplote vzduchu, úhrne atmosférických zrážok, alebo aj o priestorovom a časovom rozložení vlastností povodia). Voľba najvhodnejšieho matematického modelu závisí od účelu použitia, dostupnosti vstupných údajov, ako aj od výsledku, ktorý chceme dosiahnuť. Najlepší model je taký, ktorý poskytuje výsledky najviac približujúce sa realite, a s využitím čo najmenšieho počtu nutných vstupných parametrov (Wheater a kol., 2008).

1.2 SCS-CN metóda (Soil Conservation Service – Curve Number)

Metóda čísiel odtokových kriviek, označovaná ako SCS – CN metóda bola vyvinutá Americkým úradom pre ochranu pôdy (USDA-SCS, 1954). Táto empirická metóda bola odvodená na základe mnohoročných pozorovaní odtoku z malých poľnohospodársky využívaných povodí v rôznych oblastiach USA. Využíva sa na určenie výšky priameho odtoku pre jednotlivé zrážkovo – odtokové udalosti pri nedostatku priamych pozorovaní. SCS – CN metóda má rozšírené uplatnenie hlavne kvôli tomu, že ide o jednoduchú metódu, ktorá zahŕňa mnohé charakteristiky ovplyvňujúce generovanie priameho odtoku do jediného bezrozmerného parametra CN. Parameter CN je závislý od viacerých hydrologických charakteristík povodia ako sú vlastnosti pôdy, vlastnosti pôdneho krytu, spôsob obrábania pôdy a vlhkosťný stav pôdy. Rozsah hodnoty

parametra CN sa pohybuje v rozpätí od 0 do 100. V súčasnosti je táto metóda prispôbená podmienkam aj v iných častiach sveta. Hoci niektoré výskumné centrá vypracovali viaceré modifikácie, základný koncept metódy má stále široké použitie.

2 KLIMATICKÉ MODELY

Klimatické modely sú matematické reprezentácie klimatického systému Zeme, ktoré sa pokúšajú simulovať vplyv klimatických zmien na životné prostredie. Možno povedať, že klimatické modely sú idealizovanou reprezentáciou komplikovanej a komplexnej reality, vďaka ktorej sa výrazne rozšírilo naše chápanie klímy. Všetky modely zahŕňajú určité skreslenie, zjednodušenie a aproximáciu, ale postupne nám umožňujú pochopiť modelovaný systém. Prostredníctvom pochopenia klimatického systému je možné získať jasnejší obraz o minulých klimatických podmienkach (porovnaním s empirickým pozorovaním) a predpovedať budúce klimatické zmeny (Global Climate Change Organization, 2018).

Globálne klimatické modely (Global Climate Model alebo General Circulation Model - GCM) sú komplexné matematicko-výpočtové modely, ktoré simulujú mnohé aspekty klímy, ako sú atmosférické a oceánske teploty, vetry, zrážky, oblačnosť a rozsah morského ľadu (IPCC, 2014). GCM sa používajú na rôzne účely, vrátane simulácie vývoja klimatického systému, štúdiá interakcií medzi zložkami a procesmi klimatického systému a poskytovania projekcií klimatických zmien podľa rôznych scenárov rastu populácie, emisií skleníkových plynov atď.

Nakoľko pri realistickej simulácii frekvencie a intenzity silných zrážok s použitím GCM je problém kvôli hrubému rozlíšeniu modelu, sa pre lepšie vlastnosti využívajú Regionálne klimatické modely (RCM), ktoré poskytujú informácie v priestorovom rozlíšení s väčšími mierkami, vďaka čomu sú ich výstupy lokálne presnejšie, čo umožňuje ich využitie pri analýzach menších územiach.

3 CIELE DIZERTAČNEJ PRÁCE

Základným cieľom dizertačnej práce bolo vytvoriť metodiku na posúdenie vplyvu zmenených podmienok tvorby odtoku v stredne veľkých a malých povodiach na Slovensku na povodňové prietoky, a to aj v povodiach bez priamych pozorovaní prietokov. Povodňové prietoky sú reprezentované návrhovými kulminačnými prietokmi a ich zmenou. Zmenené podmienky tvorby odtoku predstavujú rôzne spôsoby využívania a obhospodarovania poľnohospodárskej a lesnej krajiny. Zmenené klimatické podmienky v budúcnosti sú reprezentované vybraným klimatickým modelom/scenárom zmeny klímy a jeho klimatickými výstupmi pre budúce desaťročia. Ciele práce môžeme zhrnúť do nasledovných bodov:

- Prvým cieľom práce je analyzovať zmeny v spôsobe využitia územia vo vybraných povodiach na území Slovenska, a to porovnaním dostupných vektorových mapových podkladov spôsobu využitia územia CORINE Land Cover (CLC) pre roky 1990, 2006, 2012 a 2018.

- Ďalším cieľom je posúdenie vplyvu zmeny využitia územia na návrhové kulminačné prietoky pre dobu opakovania 10, 20, 50 a 100 rokov, v období od roku 1990 do roku 2018. Dôležitými vstupnými údajmi pre stanovenie návrhových kulminačných prietokov budú okrem CLC máp aj návrhové dažde, odvodené z reálnych maximálnych ročných úhrnov krátkodobých dažďov v teplom polroku.
- Ďalším cieľom je posúdenie vplyvu klimatických zmien na návrhové kulminačné prietoky vo vybraných povodiach. Návrhové kulminačné prietoky budú stanovené pre historické obdobie 1961-2020 (HO) a budúce obdobie 2071-2100 (BO), za predpokladu zmeny návrhových dažďov podľa vybraného klimatického modelu/scenáru a za predpokladu, že sa spôsob využitia územia počas týchto dvoch období nebude meniť

4 METODIKA A VSTUPNÉ ÚDAJE

Hlavný metodický základ predstavuje modifikovaná metóda SCS - CN, ktorá bola využitá na výpočet návrhových kulminačných prietokov. Avšak, na prípravu vstupných údajov boli využité aj iné metódy (napr. jednoduché škálovanie), programy (napr. na spracovanie digitálnych údajov a vrstiev bolo použité ArcGis prostredie), ktoré sú spomenuté v nasledovnej kapitole.

4.1 Stanovenie návrhového kulminačného prietoku pomocou SCS-CN

Použitím SCS – CN metódy možno pomerne jednoducho vypočítať návrhové kulminačné prietoky (Q_N), a to cez výšku a objem priameho odtoku (Mishra a kol., 2006; Randusová a kol., 2015). Pri výpočte sme vychádzali z predpokladu, že povodie je zasiahnuté návrhovým dažďom s konštantnou intenzitou a dobou trvania rovnou dobe koncentrácie odtoku z povodia, a že návrhový dážď spôsobí prietok s tou istou štatistickou významnosťou (pravdepodobnosťou prekročenia, resp. priemernou dobou opakovania). Vzhľadom na to, že vstup do výpočtu tvoril návrhový dážď, na určenie návrhového kulminačného prietoku bola použitá modifikácia SCS - CN metódy, pri ktorej sa predpokladá nulová počiatková strata zo zrážok I_a .

4.2 Stanovenie doby koncentrácie odtoku

Doba koncentrácie odtoku (T_c) predstavuje čas, ktorý je potrebný aby sa voda (atmosférická zrážka) dostala z hydraulicky najvzdialenejšieho miesta povodia do záverečného profilu povodia. Doba koncentrácie bola stanovená ako maximálna hodnota doby koncentrácie odtoku z povodia, počítaná v ArcGIS prostredí (obrázok č. 5.2) pomocou váženej funkcie stanovenia dĺžky odtoku (funkcia Flow Length), ktorá do výpočtu zahŕňa mapu smerov odtoku (Flow Direction) a mapu rýchlosti prúdenia (v), a vytvára mapu pohybu vody z každej bunky po záverečný profil povodia.

4.3 Stanovenie parametra CN

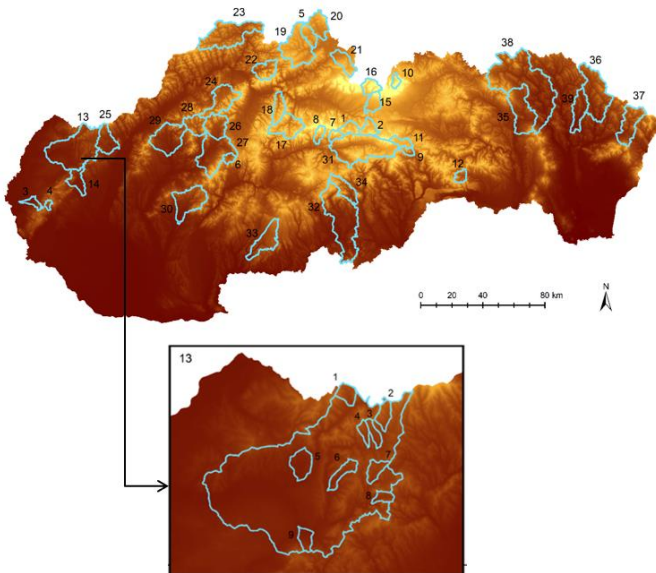
Na stanovenie CN čísla sme použili CLC mapy spôsobu využitia územia, mapu pôdnych druhov a tabuľky uvedené v publikácií USDA-SCS (1989) a Karabová (2014).

4.4 Stanovenie návrhových dažďov

Ako efektívne zrážky boli použité návrhové dažde, odvodené z maximálnych 60-, 120, 180-, 240- a 1440-minútových ročných úhrnov dažďov pre teplý polrok (apríl až október). Na spracovanie úhrnov návrhových dažďov za časové obdobie kratšie ako jeden deň bola použitá metóda jednoduchého škálovania (Menabde a kol., 1999; Yu a kol., 2004; Koutsoyiannis a kol., 1998; Földes, 2021) a metóda DVWK (DVWK, 1999; Kluge, 1996; Földes, 2021). Pri výpočtoch boli použité návrhové dažde z celkovo deväť zrážkomerných staníc, ktoré boli spracované na základe: 1) reálnych údajov (obdobie podľa dostupnosti údajov) a 2) CLM modelu pre historické (1961 – 2020) a budúce obdobie (2071 – 2100).

5 OPIS POVODÍ

Pre účely dizertačnej práce bolo zvolených celkovo 48 povodí a subpovodí na území Slovenska s rôznymi fyzicko-geografickými podmienkami. Pri analýze zmeny využitia územia bolo analyzovaných 39 stredne veľkých a veľkých povodí (na mape označených poradovým číslom 1 až 39). Pre výpočet návrhových kulminačných prietokov (QN) bolo zvolených spolu 21 povodí: prvých 12 stredne veľkých povodí (na mape označených poradovým číslom 1 až 12) boli rovnaké povodia, ktoré boli použité pri analýze zmeny využitia územia, a 9 malých subpovodí (na mape označených poradovým číslom 13.1 až 13.9), ktoré patria pod povodie vodného toku Myjava. Obrázok č. 5.1 zobrazuje digitálny model reliéfu (DEM) a polohu analyzovaných povodí na území Slovenska.



Obrázok č. 5.1: DEM a poloha analyzovaných povodí

Povodia tokov: 1. Boca so záverečným profilom vo VS Malužiná, 2. Ipoltica - VS Čierny Váh, 3. Močiarka - VS Láb, 4. Blatina - VS Pezinok, 5. Veselianka - VS Oravská Jasenica, 6. Handlovka - VS Handlová, 7. Štiavnička - VS Mýto pod Ďumbierom, 8. Vajskovský Potok - VS Dolná Lehota, 9. Dobšinský Potok - VS Dobšiná, 10. Javorník - VS Ždiar, Podspády, 11. Hnilec - VS Stratená, 12. Bodva - pod prítokom toku Porča, 13.1. Haluzníkov potok - ústie do toku Teplica, 13.2. Brestovský potok - ústie do Myjavy, 13.3. Svacenicý jarok - ústie do Myjavy, 13.4. Smíchov - ústie do Myjavy, 13.5. Rovenský potok - ústie do toku Teplica, 13.6. Debernický potok - ústie do Myjavy, 13.7. Brezovský potok - nad prítokom Priepasnianského, 13.8. Bystrina - nad prítokom Baranského potoku, 13.9. Čierny potok - ústie do toku Myjavská Rudava, 14. Trnávka - VS Bohdanovce nad Trnavou, 15. Biely Váh - VS Východná, 16. Belá - VS Podbanské, 17. Revúca - VS Podsuchá, 18. Lubochianka - VS Lubochňa, 19. Biela Orava - VS Lokca, 20. Polhoranka - VS Zubrohlava, 21. Oravica - VS Trstená, 22. Varínka - VS Stráža, 23. Kysuca - VS Čadca, 24. Rajčianka - VS Poluvsie, 25. Jablonka - VS Čachtice, 26. Nitra - VS Nedožery, 27. Nitra - VS Chalmová, 28. Nitrica - VS Liešany, 29. Bebrava - VS Biskupice, 30. Žitava - VS Vieska nad Žitavou, 31. Hron - VS Brezno, 32. Ipeľ - VS Holiša, 33. Litava - VS Plášovce, 34. Rimavica - VS Lehota nad Rimavicou, 35. Sekčov - VS Prešov, 36. Laborec - VS Koškovce, 37. Cirocha - VS Snina, 38. Topľa - VS Hanušovce nad Topľou, 39. Oľka - VS Jasenovce.

6 VÝSLEDKY PRÁCE

V nasledovnej kapitole sú opísané výsledky dizertačnej práce, ktoré sú rozdelené do dvoch podkapitol. Najprv sú analyzované zmeny využitia územia pre obdobie od 1990 až 2018 roku. V druhej časti sú analyzované návrhové kulminačné prietoky pre dobu opakovania 10, 20, 50 a 100 rokov. Výsledky sú prezentované iba na vzorovom povodí toku Boca – Malužiná. Podrobné výsledky pre všetky povodia sú uvedené a okomentované v Závere.

6.1 Posúdenie zmeny využitia územia na Slovensku

Cieľom tejto časti práce bolo porovnať dostupné mapové podklady o spôsobe využitia územia a poskytnúť prehľad o jeho zmenách na vybraných povodiach na území Slovenska v období rokov 1990 až 2018. Na analýzu zmien využitia územia boli použité vektorové mapy spôsobu využitia územia CORINE Land Cover (Copernicus Land Monitoring Service) pre rok 1990, 2006, 2012 a 2018. V rámci dizertačnej práce bola CLC klasifikácia zjednodušená na 13 kategórií využitia územia, a to: areály športu a rekreácie, holá pôda, ihličnaté lesy, listnaté lesy, lúky/vysoká tráva, ovocné sady a plantáže, pasienky/nízka tráva, poľnohospodárska pôda, prechodné lesokroviny, urbanizovaná plocha, vinohrady, vodné plochy a zmiešané lesy.

Grafické výstupy boli prevedené na tabuľkové hodnoty pre ľahšie porovnanie a analýzu. Ako vzorová tabuľka je uvedená tabuľka č. 6.1 kde sú uvedené zmeny využitia územia v % pre povodie toku Boca - Malužiná.

Tabuľka č. 6.1: Zmena využitia územia pre povodie toku Boca - Malužiná

Boca – Malužiná: 81,93 km ²	plocha [km ²]		plocha [%]		zmena
Spôsob využitia územia	1990	2018	1990	2018	[%]

Ihličnaté lesy	67,47	36,80	82,35	44,91	-37,44
Lúky, vysoká tráva	3,77	3,04	4,60	3,71	-0,89
Pasienky, nízka tráva	2,64	2,64	3,22	3,22	+0,01
Poľnohospodárska pôda	2,28	1,08	2,79	1,32	-1,47
Prechodné lesokroviny	5,01	36,52	6,11	44,58	+38,46
Urbanizovaná plocha	0,34	0,25	0,41	0,31	-0,10
Zmiešané lesy	0,43	1,60	0,52	1,95	+1,43

V povodí Boca – Malužiná s plochou 81,9 km² došlo najmä z dôvodu veterných kalamít v danom období k najväčšej zmene v kategórii ihličnatých lesov, ktoré nahradili prechodné lesokroviny.

6.2 Odhad návrhových kulminačných prietokov

Návrhové kulminačné prietoky (QN) pre dobu opakovania N = 10, 20, 50 a 100 rokov boli počítané pomocou SCS-CN metódy. Výpočet bol celkovo aplikovaný na 21 povodí. Použitím metodiky boli stanovené potrebné vstupné údaje a následne aj návrhové kulminačné prietoky pre zvolené povodia a 4 časové horizonty (roky 1990, 2006, 2012 a 2018). Ďalej bol výpočet rozdelený do dvoch podkapitol. V podkapitole 6.2.1 bol posúdený vplyv zmeny využitia územia na návrhové kulminačné prietoky v období od roku 1990 do roku 2018. Vybrané výsledky boli porovnané s údajmi Q₁₀₀, ktoré poskytol SHMÚ. V podkapitole 6.2.2 boli porovnané výsledky Q_N pre historické a budúce obdobie, ktoré je reprezentované návrhovými dažďami z klimatického scenára CLM. Takýmto spôsobom možno posúdiť vplyv budúcich klimatických zmien na návrhové kulminačné prietoky.

6.2.1 Vplyv zmeny využitia územia na návrhové kulminačné prietoky v období 1990 – 2018

Zmena využitia územia bola prezentovaná zmenou váženej priemernej hodnoty CN čísla, ktoré boli stanovené na základe metodiky SCS-CN. Použité boli návrhové dažde P zoškálované na základe meraných údajov, ktoré poskytol SHMÚ. Podľa dostupnosti meraných zrážkových údajov v 60 minútovom časovom kroku boli použité rôzne dĺžky časových radov reálnych úhrnov dažďov. Pre zrážkomerné stanice Myjava, Telgárt, Tatranská Javorina a Malý Javorník boli spracované dáta pre obdobie 1995 - 2009, pre stanicu Smolník pre obdobie 2005 - 2020, pre stanicu Mútne pre obdobie 2006 - 2018, pre stanicu Kremnické Bane pre obdobie 2005 - 2015, pre stanicu Vyšná Boca pre obdobie od 2005 - 2014 a pre stanicu Jarabá pre obdobie 2006 - 2020. Pre jednotlivé povodia boli vypočítané hodnoty Q_N porovnané s hodnotami Q_{N,SHMÚ(1961-2000)}, ktoré poskytol SHMÚ pre referenčné obdobie 1961-2000. Vzhľadom na pomerne veľký počet výpočtov, výpočet návrhových kulminačných prietokov pre jednotlivé roky je uvedený iba pre povodie toku Boca – Malužiná v Tab. č. 6.2.

Tabuľka č. 6.2: Zmena návrhových kulminačných prietokov pre povodie toku Boca – Malužiná vplyvom zmeny využitia územia

N [roky]	P* [mm] pre T _c = 184,8 min	Q _N [m ³ .s ⁻¹]			
		použitím CN _v [-] pre mapu využitia územia z roku			
		CN _{v,1990} = 61,1	CN _{v,2006} = 61,4	CN _{v,2012} = 63,6	CN _{v,2018} = 63,6
10	50,86	59,97	60,43	64,51	64,95
20	61,51	83,53	84,14	89,53	90,11
50	75,78	119,17	119,99	127,19	127,96
100	86,68	149,05	150,03	158,61	159,53

*P – návrhové dažde, spracované na základe reálnych údajov zo zrážkomernej stanici Vyšná Boca pre obdobie 2005-2014

Výsledky v tabuľke č. 6.2 naznačujú nárast návrhových kulminačných prietokov v povodí Boca – Malužiná v priebehu obdobia od 1990 do 2018. Keďže povodie Boca – Malužiná bolo jedno z povodí, ktoré bolo podstatne poznačené zmenami v spôsobe využitia územia, hlavne odlesnením zásluhou viacerých veterných kalamít v danom období, prejavilo sa to aj vo výsledkoch, kde možno vidieť postupný nárast v hodnotách Q_N pre všetky doby opakovania.

6.2.2 Vplyv klimatických zmien na návrhové kulminačné prietoky

V podkapitole 7.2.2 boli porovnané výsledky Q_N pre historické (1961 - 2020) a budúce obdobie (2071 - 2100), kde sme pri rovnakom spôsobe využívania územia pre rok 2018 uplatnili zmenu návrhových dažďov pre budúci časový horizont 2071-2100. Klimatické zmeny boli prezentované zmenami návrhovými dažďami, ktoré boli spracované na základe výstupov klimatického modelu CLM a emisného scenára SRES A1B. Návrhové dažde boli spracované pomocou vstupných údajov - hodinových úhrnov dažďov odvodené z maximálnych sezónnych úhrnov krátkodobého dažďa v teplom polroku pre historické (1961 - 2020) a budúce obdobie (2071 - 2100), ktoré sú výstupom klimatického modelu CLM. Keďže sa v prípade tohto výpočtu nezohľadňoval vplyv zmeny využitia územia, vstupná hodnota CN_v prislúchala mape spôsobu využitia územia pre 2018 rok (CN_{v,2018}). Opäť je uvedený výpočet návrhových kulminačných prietokov iba pre povodie toku Boca – Malužiná (tabuľka č. 6.3).

Tabuľka č. 6.3: Zmena návrhových kulminačných prietokov pre povodie toku Boca – Malužiná vplyvom návrhových dažďov z klimatického modelu

N [roky]	historické obdobie (1961-2020)		budúce obdobie (2071-2100)	
	P [mm] pre T _c = 184,8 min	Q _N [m ³ .s ⁻¹]	P [mm] pre T _c = 184,8 min	Q _N [m ³ .s ⁻¹]

10	31,52	27,67	38,95	40,57
20	36,36	35,85	47,61	57,88
50	42,83	48,03	59,81	85,91
100	47,68	58,02	70,43	113,27

*P – návrhové dažde, spracované na základe údajov z klimatického modelu CLM zo zrážkomernej stanice Vyšná Boca

V povodí vodného toku Boca, so záverečným profilom vo VS Malužiná výsledky výpočtu ukazujú na nárast v hodnotách Q_N pre budúce obdobie. V tejto podkapitole sa nesnažíme porovnať vypočítané hodnoty s údajmi, ktoré poskytol SHMÚ, ale je zaujímavé, že $Q_{100,HO}$, ktoré boli vypočítané pomocou návrhových dažďov z CLM modelu pre historické obdobie 1961 - 2020, sú iba o 5% vyššie ako $Q_{100,SHMÚ(1961-2000)}$.

7 ZÁVER

Ako prvý cieľ práce bolo *analyzovať zmeny v spôsobe využitia územia* vo vybraných povodiach na území Slovenska. Na základe vykonaných analýz možno skonštatovať, že k najvýraznejším zmenám v spôsobe využitia územia v období 1990 – 2018 došlo na strednom Slovensku. Najväčšie zmeny v spôsobe využitia územia nastali v susediacich povodiach Boca – Malužiná a Ipolčica – Čierny Váh, kde došlo najmä z dôvodu veterných kalamít v danom období k najväčšej zmene v kategórii ihličnatých lesov, ktoré nahradili prechodné lesokroviny. Výrazné zmeny nastali aj v povodí Štiavnička – Mýto pod Ďumbierom a Dobšinský potok – Dobšiná, kde sa síce zmenšila plocha ihličnatých lesov, ale nahradili ich zmiešané a listnaté lesy. Na západe Slovenska sa za obdobie 1990 až 2018 najväčšie zmeny v spôsobe využitia územia prejavili v kategórii listnatých lesov (ktorá sa aj zväčšila aj zmenšila v rámci vybraných povodí) a zmiešaných lesov (ktorých sa plocha zväčšila). Najväčšie zmeny nastali v povodí **Nitrica** – Liešany, kde sa plocha zmiešaných lesov zväčšila o 11 % z celkovej plochy povodia (136,6 km²) a listnatých lesov zmenšila o 7 % z celkovej plochy povodia. Plocha listnatých lesov sa zmenšila aj v povodí toku **Žitava** – Vieska nad Žitavou, a to o 7 % z celkovej plochy povodia (289,6 km²), kde sa zmenšila aj plocha poľnohospodárskej pôdy, a to o 4 % z celkovej plochy povodia, a plocha zmiešaných lesov sa zväčšila o 9 % z celej plochy povodia. Plocha listnatých lesov sa zmenšila aj v povodí toku **Bebrava** – Biskupice, a to o 5 % z celkovej plochy povodia (309,5 km²), a plocha prechodných lesokrovín sa zväčšila o 4,5 % z celej plochy povodia. V povodí toku **Nitra** – Nedožery sa plocha listnatých lesov sa zväčšila o 9 % z celej plochy povodia (181,4 km²) a plocha prechodných lesokrovín sa zmenšila o 8 %. V povodí toku **Blatina** – Pezinok sa plocha listnatých lesov zväčšila o takmer 6 % z celej plochy povodia (18,8 km²) a plocha prechodných lesokrovín sa zmenšila o takmer 8 %. V povodí toku **Nitra** – Chalmová sa plocha listnatých lesov zväčšila o 4 % z celej plochy povodia (598,4 km²) a plocha prechodných lesokrovín sa zmenšila o 4%. V povodí toku **Myjava** – Šaštín-Stráže sa plocha listnatých lesov sa zväčšila o 4 % z celej plochy

povodia (626,8 km²) a plocha poľnohospodárskej pôdy sa zmenšila o 4 %. V povodí toku **Močiarka** – Láb sa plocha poľnohospodárskej pôdy zmenšila o približne o 5 % z celej plochy povodia (45,2 km²) a plocha ihličnatých lesov sa zväčšila o 5,5 % z celej plochy povodia. V povodiach tokov **Trnávka** – Bohdanovce nad Trnavou, **Jablonka** – Čachtice a **Handlovka** – Handlová nenastali počas analyzovaného obdobia výrazné zmeny v jednotlivých kategóriách spôsobu využitia územia. Na severe stredného Slovenska sa počas obdobia od 1990 do 2018 prejavili zmeny v spôsobe využitia územia prevažne v ploche ihličnatých lesov a prechodných lesokrovín. Až v prípade 5 povodí došlo k poklesu v ihličnatých lesoch a k nárastu plochy prechodných lesokrovín. Najviac boli ovplyvnené už spomínané povodia toku Boca – Malužiná a Ipoltica – Čierny Váh. V povodí toku **Boca** – Malužiná sa plocha ihličnatých lesov zmenšila o 37 % z celej plochy povodia (81,9 km²) a plocha prechodných lesokrovín sa zväčšila o 38 % z celkovej plochy povodia. V povodí toku **Ipoltica** – Čierny Váh sa plocha ihličnatých lesov zmenšila o približne 12 % z celej plochy povodia (82,3 km²) a plocha prechodných lesokrovín sa zväčšila o 12,4 % z celkovej plochy povodia. Ďalej sa plocha ihličnatých lesov zmenšila približne o 10 % z celkovej plochy povodia (118,0 km²) v povodí toku **Eubochnianka** – Eubochna, a plocha prechodných lesokrovín sa zväčšila o 8 % z celkovej plochy povodia. V povodí **Belá** – Podbanské sa plocha ihličnatých lesov zmenšila o 9 % z celkovej plochy povodia (90,6 km²) a zväčšila sa plocha prechodných lesokrovín o 11 % z celkovej plochy povodia. Plocha prechodných lesokrovín sa zväčšila aj v prípade povodia toku **Kysuca** – Čadca, a to o 5 % z celkovej plochy povodia (442,7 km²), a naopak sa v povodí znížila plocha pasienkov o približne 10 %. V prípade povodia toku **Revúca** – Podsuhá nastali zmeny vo využití územia v ploche zmiešaných lesov, ktorá sa zväčšila o 4,5 % z celkovej plochy povodia (217,9 km²) a v ploche ihličnatých lesov, ktorá sa zmenšila o 3 % z celkovej plochy povodia. V povodí vodného toku **Veselianka** – Oravská Jasenica sa zväčšila plocha ihličnatých lesov o takmer 7 % z celej plochy povodia (89,6 km²). Menšie zmeny nastali aj v povodiach **Biely Váh** – Východná, kde sa plocha prechodných lesokrovín zväčšila o 5 % z celkovej plochy povodia (98,9 km²), **Polhoranka** – Zubrohlava, kde sa plocha listnatých lesov zväčšila o 5 % z celkovej plochy povodia (160 km²) a **Oravica** – Trstená, kde sa plocha pasienkov zmenšila o približne 5 % z celkovej plochy povodia (131,3 km²). V povodiach **Biela Orava** – Lokca, **Varínka** – Stráža a **Rajčianka** – Poluvsie počas analyzovaného obdobia nedošlo k výrazným zmenám v spôsobe využitia územia. Na juhu stredného Slovenska najväčšie zmeny nastali v ploche ihličnatých lesov, ktorá sa zmenšila, a naopak, plocha zmiešaných lesov sa zväčšila. Najväčšie zmeny nastali v povodí toku **Štiavnička** – Mýto pod Ďumbierom, kde sa plocha ihličnatých lesov zmenšila o 21 % z celkovej plochy povodia (46,4 km²), lúky sa zmenšili o 14 % z celej plochy povodia, a naopak plochy zmiešaných a listnatých lesov (spolu) sa zväčšili o 31 % z celej plochy povodia. Výrazné zmeny nastali aj v povodí toku **Dobšinský potok** – Dobšiná, kde sa plocha ihličnatých lesov zmenšila o 13 % z celkovej plochy povodia (36,9 km²), pasienky sa zmenšili o 9 % z celej plochy povodia, plocha lesokrovín sa zmenšila o 6 % z celej plochy povodia, a plocha

zmiešaných lesov sa zväčšila o 13 % z celej plochy povodia. Plocha zmiešaných lesov sa zväčšila o 10 % z celej plochy povodia v prípade povodia **Hron** – Brezno, kde sa naopak zmenšila plocha ihličnatých lesov o 11 % z celej plochy povodia (578,5 km²). Plocha ihličnatých lesov sa zväčšila jedine v prípade povodia toku **Rimavica** – Lom nad Rimavicou, a to o 5,5 % z celkovej plochy povodia (148,5 km²). V povodiach **Vajskovský potok** – Dolná Lehota, **Ipeľ** – Holiša a **Litava** – Plášovce nedošlo k výrazným zmenám v spôsobe využitia územia za analyzované tridsaťročie. Na východe Slovenska nevnikli zmeny špecifické pre väčšinu zvolených povodí. Najviac zmien nastalo v povodí toku **Javorinka** – Ždiar, Podspády, kde sa percentuálne zastúpenie ihličnatých lesov zmenšilo o 13 % z celkovej plochy územia (35,3 km²) a zväčšila sa plocha prechodných lesokrovín, a to o 11 % z celkovej plochy územia. V povodí toku **Sekčov** – Prešov sa zmenšila plocha poľnohospodárskej pôdy o 7,5 % z celkovej plochy územia. Plocha poľnohospodárskej pôdy sa zmenšila o 6,5 % celkovej plochy povodia v prípade povodia **Topľa** – Hanušovce nad Topľou, a plocha listnatých lesov sa zväčšila o 5 % z celkovej plochy povodia (1048,7 km²). V povodiach tokov **Laborec** – Koškovce (s plochou 429,2 km²) a **Cirocha** – Snina (s plochou 244,1 km²) sa zväčšili plochy zmiešaných lesov o 6,5 % z celkovej plochy povodí. V povodiach tokov **Opka** – Jasenovce, **Hnilec** – Stratená a **Bodva** – pod prítokom toku Porča nedošlo k výrazným zmenám v jednotlivých kategóriách spôsobu využitia územia počas analyzovaného obdobia.

Ďalším cieľom práce bolo *stanovenie návrhových kulminačných prietokov (Q_N)* pre dobu opakovania $N = 10, 20, 50$ a 100 rokov a posúdenie vplyvu zmien v spôsobe využitia územia a klimatických zmien návrhové kulminačné prietoky. Ako prvý bol posúdený *vplyv zmeny využitia územia na návrhové kulminačné prietoky* v období od roku 1990 do roku 2018. Na západe Slovenska sa za analyzované obdobie nevyskytli výrazné zmeny v spôsobe využitia územia a to sa prejavilo aj na vypočítaných hodnotách Q_N . V prípade povodia **Blatina** – Pezinok v priebehu obdobia 1990 - 2018 bola lesnatosť na povodí veľmi vysoká (92 až 98 %), z toho dôvodu sa vypočítané Q_N znížili o približne 2%, aj keď z praktického hľadiska je táto zmena nepodstatná (menej ako $1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). V prípade vodného toku Blatina boli poskytnuté $Q_{N,SHMÚ(1961-2000)}$ údaje od SHMÚ, ktoré sú veľmi podobné hodnotám Q_N vypočítane metódou CN kriviek. V povodí vodného toku **Handlovka** – Handlová sa v priebehu pozorovaného obdobia zvýšila lesnatosť, a preto sa aj vypočítane hodnoty Q_N pre analyzované obdobie nepodstatne, ale mierne znížili (o 1,5 %). V povodí **Močiarka** – Láb sa hodnoty Q_N za obdobie 1990 do 2018 výrazne nezmenili (zmenšili sa menej ako 1 %). Vypočítané hodnoty Q_N sú konzistentné s hodnotami $Q_{N,SHMÚ(1961-2000)}$, ktoré poskytol SHMÚ. V povodí **Halúznikovo potoku**, so záverečným profilom v mieste ústia do toku Teplica, sa vypočítaná hodnota Q_N znížila o približne 2 % v období od 1990 do 2018 roku. V povodí toku **Brestovský potok**, so záverečným profilom v mieste ústia do Myjavy, sa vypočítaná hodnota Q_N znížila v priemere o 4 % v období od 1990 do 2018 roku. Pri porovnaní vypočítaných Q_N a $Q_{N,SHMÚ(1961-2000)}$ možno posúdiť, že vypočítané údaje Q_{10} až Q_{100} sú o 20 až 60 % menšie ako $Q_{N,SHMÚ(1961-2000)}$. V povodí **Svacenický**

jarok, so záverečným profilom v mieste ústia do Myjavy, za použité obdobie nenastali výrazné zmeny v hodnotách Q_N . Aj keď sa percentuálne hodnoty Q_N znížili o 5 %, všetky zmeny sú menšie ako $1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Vypočítané Q_{10} až Q_{100} hodnoty sú podobne ako v prípade výpočtov v povodí Brestovského potoku, o 20 až 60 % menšie ako $Q_{N,SHMÚ(1961-2000)}$. V povodí toku **Smíchov**, so záverečným profilom v mieste ústia do Myjavy, za obdobie od 1990 do 2018 nenastali výrazné zmeny v hodnotách Q_N (menšie ako 1 %). Po porovnaní údajov možno skonštatovať, že vypočítaná hodnota Q_{100} je až dvojnásobne nižšia ako $Q_{100,SHMÚ(1961-2000)}$. V povodí toku **Rovenský potok**, so záverečným profilom v mieste ústia do toku Teplica, za obdobie od 1990 do 2018 nenastali výrazné zmeny v hodnotách Q_N (menšie ako 1 %). Vypočítané Q_{100} údaje sú o 20% nižšie ako $Q_{100,SHMÚ(1961-2000)}$, ktoré poskytol SHMÚ, avšak hodnoty Q_{50} a $Q_{50,SHMÚ}$ sú takmer totožné. Ďalej sú vypočítane hodnoty Q_{20} a Q_{10} v priemere o 20% väčšie ako $Q_{20,SHMÚ(1961-2000)}$ a $Q_{10,SHMÚ(1961-2000)}$. V povodí toku **Debernický potok**, so záverečným profilom v mieste ústia do Myjavy, sa za obdobie od 1990 do 2018 hodnoty Q_N znížili v priemere o 5,3 %, avšak v samotných hodnotách to nespôsobilo podstatné zmeny (menšie ako 1 %). Po porovnaní údajov možno skonštatovať, že vypočítaná hodnota Q_{100} je až dvojnásobne nižšia ako $Q_{100,SHMÚ(1961-2000)}$. V povodí toku **Brezovský potok**, so záverečným profilom nad prítokom Prieipasianskeho potoku, za obdobie od 1990 do 2018 nenastali výrazné zmeny v hodnotách Q_N (menšie ako 1 %). Po porovnaní údajov, ktoré poskytol SHMÚ, možno skonštatovať, že vypočítaná hodnota Q_{100} je až 40 % nižšia ako $Q_{100,SHMÚ(1961-2000)}$, kým hodnoty Q_{10} a $Q_{10,SHMÚ(1961-2000)}$ sú rovnaké. V povodí toku **Bystrina**, so záverečným profilom nad prítokom Baranského potoku, za obdobie od 1990 do 2018 nenastali výrazné zmeny v hodnotách Q_N (menšie ako 1 %). Po porovnaní údajov možno skonštatovať, že vypočítaná hodnota Q_{100} je až dvojnásobne nižšia ako $Q_{100,SHMÚ(1961-2000)}$. V povodí toku **Čierny potok**, so záverečným profilom v mieste ústia do toku Myjavská Rudava, sa hodnoty vypočítaných Q_N výrazne percentuálne nezmenili (menej ako 1%). Na severe stredného Slovenska sa za obdobie 1990 až 2018 najviac prejavili vplyvy zmien využitia územia na výpočet Q_N . Povodia tokov Boca – Malužiná a Ipoltica – Čierny Váh boli najviac ovplyvnené zmenami v spôsobe využitia územia, ktoré boli spôsobené veternými kalamiťami v tejto oblasti, a tieto zmeny sa prejavili aj vo vypočítaných návrhových hodnotách kulminačných prítokov. V povodí **Boca** – Malužiná v priebehu obdobia od 1990 do 2018 sa vypočítané hodnoty Q_N zvýšili o 7 % (v prípade Q_{100} a Q_{50}) až 8 % (v prípade Q_{20} a Q_{10}). Po porovnaní údajov, vypočítané hodnoty Q_{100} sú takmer trikrát väčšie ako hodnoty, ktoré stanovil SHMÚ pre referenčné obdobie 1961-2000. Tento veľký rozdiel sa dá vysvetliť rôznym obdobím spracovania údajov, hlavne tým, že v prípade povodia Boca boli použité údaje o reálnych zrážkach zo zrážkomernej stanice Vyšná Boca, pre ktorú bol rad pozorovania v dĺžke iba 9 rokov. V prípade povodia **Ipoltica** – Čierny Váh sa vypočítane Q_N hodnoty zvýšili v priemere o 2% pre všetky N-ročnosti. V povodí toku **Veselianka** – Oravská Jasenica sa naopak vypočítané hodnoty Q_N zvýšili o 2 % pre všetky doby opakovania. Tieto zmeny boli spôsobené hlavne tým, že sa za obdobie od 1990 do 2018 roku v povodí zvýšila plocha lesov, a znížila plocha

poľnohospodárskej plochy a lesokrovín, čo ovplyvnilo aj hodnoty CN_v . Na základe výpočtov vyplýva, že zmeny v spôsobe využitia územia pre obdobie 1990 – 2018, ktoré nastali vo vybraných troch povodiach na severe stredného Slovenska, sa prejavili aj vo vypočítaných hodnotách Q_N . Na juhu stredného Slovenska, aj keď na troch zvolených povodiach nastali výrazné zmeny v spôsobe využitia územia, vypočítané hodnoty Q_N sa podstatne nezmenili. Najväčšie percentuálne zmeny vo vypočítaných hodnotách Q_N nastali v povodí **Dobšinský potok** – Dobšiná, kde sa hodnoty Q_N znížili v priemere o 2 %. Avšak z praktického hľadiska sú tieto zmeny zanedbateľné, keďže sa jedná sa o zmeny menšie ako $1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ na povodie s plochou približne 40 km^2 . Najväčšia odchýlka medzi vypočítanými Q_N a $Q_{N,SHMÚ(1961-2000)}$ hodnotami je v prípade Q_{100} , ale pri ostatných N-ročnostiach sú hodnoty približne rovnaké. V povodí **Štiavničky** – Mýto pod Ďumbierom sa vypočítané hodnoty Q_N v konečnom dôsledku nezmenili (zmeny boli menšie ako 1 %). Mierny nárast v hodnote Q_N nastal medzi rokom 1990 a 2006, a potom sa od 2006 do 2018 roku táto hodnota opäť znížila, a to o približne 2%. V prípade výpočtu Q_N v povodí toku Štiavnička sú vypočítané hodnoty približne ako $Q_{N,SHMÚ(1961-2000)}$. V povodí toku **Vajskovský potok** – Dolná Lehota boli zmeny vo vypočítaných hodnotách Q_N v priebehu obdobia 1990 až 2018 nevýrazné a menšie ako 1 %. Vypočítané hodnoty Q_N sú väčšie ako údaje poskytnuté SHMÚ, avšak v prípade Q_{100} je z praktického hľadiska odchýlka zanedbateľná. Z výsledkov vyplýva, že na juhu stredného Slovenska sa zmeny v spôsobe využitia územia pre obdobie 1990 - 2018 neprejavili na hodnotách vypočítaných Q_N pre dané povodia. Hlavný dôvod bol ten, že sa na území povodia počas analyzovaného obdobia zmenilo hlavne druhové zastúpenie lesov (zmenšilo sa percento ihličnatých lesov a pribudli listnaté lesy). Na východe Slovenska nastali najväčšie percentuálne zmeny vo vypočítaných hodnotách Q_N v prípade povodia toku **Javorinka** Ždiar – Podspády, ktoré sa zvýšili v priemere o 3 %. Aj v tomto prípade sa jedná o zmeny menšie ako $1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, čo je z praktického hľadiska zanedbateľné pri návrhových hodnotách Q_{100} . V povodí toku **Hnilec** – Stratená sa neprejavili výrazné zmeny vo vypočítaných Q_N hodnotách (zmeny boli menšie ako 1 %). Najvyššia hodnota vypočítaných Q_N bola v roku 1990, najnižšia v roku 2012, ktorá je totožná s hodnotou $Q_{100,SHMÚ(1961-2000)}$, ktorú poskytol SHMÚ. Na území povodia **Bodvy**, so záverečným profilom pod prítokom vodného toku Porča, nevznikli zmeny v návrhových kulminačných prietokov Q_N väčšie ako 1%. Pre povodie Bodvy bola od SHMÚ poskytnutá hodnota $Q_{100,SHMÚ(1961-2000)}$ pre profil v blízkosti záverečného profilu povodia Bodva, ktoré bolo použité v dizertačnej práci, ktorá je iba o 2% menšia ako vypočítaná hodnota Q_{100} . Vo vybraných povodiach na východe Slovenska nevznikli výrazné zmeny v spôsobe využitia územia, čo sa odzrkadlilo aj na vypočítaných Q_N hodnotách.

V poslednej časti práce bol posúdený *vplyv klimatických zmien na návrhové kulminačné prietoky Q_N* . Na západnom Slovensku boli použité návrhové dažde z troch zrážkomerných staníc (Malý Javorník, Kremnické Bane a Myjava). V prípade povodí tokov Blatina – Pezinok a Močiarka – Láb boli použité údaje zo zrážkomernej stanice Malý Javorník. V prípade povodia **Blatina** – Pezinok výsledky výpočtu pre budúce

obdobie ukazujú na nárast v hodnotách v prípade Q_{10} (o 12 %), a pokles v prípade Q_{20} (o 9 %), Q_{50} (o 29%) a Q_{100} (o 41%). V povodí **Močiarka** – Láb výsledky výpočtu ukazujú na pokles v hodnotách Q_N pre budúce obdobie, a to o 1 % v prípade Q_{10} , o 19 % v prípade Q_{20} , o 36 % v prípade Q_{50} a o 49% v prípade Q_{100} . V povodí vodného toku **Handlovka** – Handlová boli použité vstupné údaje zo zrážkomernej stanice Kremnické Bane. Výsledky výpočtu ukazujú na veľmi výrazný nárast v hodnotách Q_N pre budúce obdobie, a to o 136 % v prípade Q_{10} , o 175 % v prípade Q_{20} , o 234 % v prípade Q_{50} a o až 283% v prípade Q_{100} . Údaje zo zrážkomernej stanice Myjava boli použité pre všetky nasledovné subpovodia Myjavy: povodie vodného toku **Haluzníkov potok**, so záverečným profilom v mieste ústia do toku Teplica; povodie vodného toku **Brestovský potok**, so záverečným profilom v mieste ústia do Myjavy; povodie vodného toku **Svacenický jarok**, so záverečným profilom v mieste ústia do Myjavy; povodie vodného toku **Smíchov**, so záverečným profilom v mieste ústia do Myjavy; povodie vodného toku **Rovenský potok**, so záverečným profilom v mieste ústia do toku Teplica; povodie vodného toku **Debernický potok**, so záverečným profilom v mieste ústia do Myjavy; povodie vodného toku **Brezovský potok**, so záverečným profilom nad prítokom Prieasprianskeho; povodie vodného toku **Bystrina**, so záverečným profilom nad prítokom Baranského potoku; a povodie vodného toku **Čierny potok**, so záverečným profilom v mieste ústia do toku Myjavská Rudava. Z toho dôvodu, výsledky návrhových kulminačných prietokov pre všetky povodia majú podobné zmeny do budúca, a všetky naznačujú nárast v hodnotách Q_N . Najväčšie percentuálne zmeny nastali v povodí Debernický potok (71% pre Q_{10} až 91 % pre Q_{100}). Pre zvyšné povodia bol nárast v hodnotách Q_N v priemere od 10 % (v prípade Q_{10}) až 23% (v prípade Q_{100}). Výsledky zo severu a juhu stredného Slovenska boli v tomto prípade zhrnuté nasledovne. Pre celé územie boli použité údaje zo štyroch rôznych zrážkomerných staníc, a sú to Vyšná Boca, Jarabá, Mútne a Telgárt. V prípade povodí tokov Boca – Malužiná a Ipolitica – Čierny Váh boli použité návrhové dažde zo zrážkomernej stanice Vyšná Boca, a z toho dôvodu je v oboch stanicách zaznamenaný podobný nárast v návrhových hodnotách do budúcnosti. V povodí **Boca** – Malužiná výsledky výpočtu ukazujú na nárast v hodnotách Q_N pre budúce obdobie, a to o 47 % v prípade Q_{10} , o 61 % v prípade Q_{20} , o 79 % v prípade Q_{50} a o 95% v prípade Q_{100} . V tejto časti sme sa nesnažili porovnať vypočítané hodnoty s údajmi, ktoré poskytol SHMÚ, ale je zaujímavé, že $Q_{100,HO}$, ktoré boli vypočítané pomocou návrhových dažďov z CLM modelu pre historické obdobie 1961 - 2020, sú iba o 5% vyšie ako $Q_{100,SHMÚ(1961-2000)}$. Možno to vysvetliť tým, dĺžka radu CLM údajov pre historické obdobie bola spracovaná pre 60 ročné obdobie, čo nám umožňuje lepšie porovnať vypočítanú hodnotu Q_{100} s hodnotou $Q_{100,SHMÚ(1961-2000)}$ odvodenú pre 40 ročné referenčné obdobie. V prípade povodia **Ipolitica** – Čierny Váh, výsledky výpočtu ukazujú na nárast v hodnotách Q_N pre budúce obdobie, a to o 48 % v prípade Q_{10} , o 62 % v prípade Q_{20} , o 80 % v prípade Q_{50} a o 96 % v prípade Q_{100} . V povodí toku **Veselianka** – Oravská Jasenica boli použité údaje zo zrážkomernej stanice Mútne, výsledky výpočtu ukazujú na výrazný pokles v návrhových hodnotách Q_N do budúca, a to o 87 % v prípade Q_{10} ,

o 83 % v prípade Q_{20} , o 76 % v prípade Q_{50} a o 70 % v prípade Q_{100} . Pre povodia tokov Vajskovský potok – Dolná Lehota a Štiavnička – Mýto pod Ďumbierom boli použité vstupné údaje zo zrážkomernej stanice Jarabá, a výsledky neukazujú na jednotný nárast/pokles v Q_N pre všetky N-ročnosti ako to bolo v predchádzajúcich prípadoch. V povodí toku **Vajskovský potok** – Dolná Lehota, výsledky ukazujú na nevýrazný pokles v návrhových hodnotách do budúca o 10% v prípade Q_{10} , o 7 % v prípade Q_{20} , a o 3 % v prípade Q_{50} . Naopak hodnoty Q_{100} sa do budúcnosti zväčšili o 1 % . V povodí **Štiavničky** – Mýto pod Ďumbierom výsledky ukazujú na pokles v návrhových hodnotách do budúca o 9 % v prípade Q_{10} , o 6 % v prípade Q_{20} , a o 2 % v prípade Q_{50} . Naopak hodnoty Q_{100} sa do budúcnosti zväčšili o 2 % . Pre povodie **Dobšinský potok** – Dobšiná boli použité vstupné údaje zo zrážkomernej stanice Telgárt a výsledky výpočtu ukazujú na pokles v hodnotách Q_N pre budúce obdobie v prípade Q_{10} (o 13 %) a Q_{20} (o 8 %); a na nárast v hodnotách Q_N v prípade Q_{50} (o 2 %) a Q_{100} (o 12 %). Z predložených výpočtov nevieme stanoviť jednotný záver pre celé stredné Slovensko, nakoľko sú výpočty ovplyvnené primárne návrhovými dažďami zo zrážkomerných staníc, ktoré sa v tomto prípade správali každá odlišne. V zrážkomernej stanici Vyšná Boca údaje do budúcnosti narastali. Naopak, v zrážkomernej stanici Mútne údaje do budúcnosti klesali, a v prípade zrážkomerných staníc Jarabá a Telgárt sa neprejavil jednotný nárast/pokles údajov pre všetky doby opakovania. Na východe Slovenska boli hodnotené tri povodia, ktoré mali vstupné úhrny návrhových zrážok z troch rozdielnych zrážkomerných staníc. V prípade povodia toku **Javorinka** Ždiar – Podspády boli použité údaje zo zrážkomernej stanice Tatranská Javorina, výsledky výpočtu ukazujú na výrazný pokles v návrhových hodnotách Q_N do budúca, a to v priemere o 80% pre všetky doby opakovania. V povodí toku **Hnilec** – Stratená boli použité vstupné údaje zo zrážkomernej stanice Telgárt a výsledky výpočtu ukazujú na pokles v hodnotách Q_N pre budúce obdobie v prípade Q_{10} (o 15 %) a Q_{20} (o 10 %); a na nárast v hodnotách Q_N v prípade a Q_{100} (o 9 %), kým v prípade Q_{50} neboli zaznamenaná zmeny do budúca. V povodí toku **Bodva**, so záverečným profilom pod prítokom vodného toku Porča, boli použité vstupné údaje zo zrážkomernej stanice Smolník. V povodí neboli zaznamenané zmeny vo vypočítaných Q_N v prípade Q_{10} , ale pre zvyšné doby opakovania výsledky výpočtu ukazujú na nárast v hodnotách Q_N pre budúce obdobie, a to o 8 % v prípade Q_{20} , o 17 % v prípade Q_{50} a o 24% v prípade Q_{100} . Na základe výpočtov vyplýva, že dve z troch použitých zrážkomerných staníc pre povodia na východnom Slovensku ukazujú na nárast v hodnotách Q_N do budúcnosti (sú to stanice Telgárt a Smolník), kým údaje z tretej zrážkomernej stanice (Tatranská Javorina) ukazujú na pokles v hodnotách Q_N pre budúce obdobie.

Z porovnávania vypočítaných návrhových kulminačných prietokov a návrhových prietokov, ktoré pre určité povodia poskytol SHMÚ, vyplýva, že tieto hodnoty sa viac zhodujú v prípade stredne veľkých povodí, ktoré väčšinou mali záverečný profil vo VS. V prípade vyčlenených malých povodí bez pozorovaní, (subpovodia Myjavý), vypočítané hodnoty Q_N boli väčšinou podhodnotené vzhľadom na hodnoty $Q_{N,SHMÚ}$, ktoré poskytol SHMÚ. Dôvod, prečo sa návrhové prietoky nezhodujú, môže byť

v rozdielnych metódach, ktoré boli použité pri stanovení návrhových prietokov, ako aj rozličné obdobia pre spracovanie dát. Nevýhoda aplikovania metódy SCS-CN na výpočet návrhových kulminačných prietokov spočíva najmä v tom, že je celý výpočet veľmi ovplyvnený vstupnými hodnotami návrhových dažďov. Tie sú zase veľmi ovplyvnené výberom obdobia spracovania údajov, dĺžkou radu a počtom extrémnych údajov, ktoré sa počas zvoleného obdobia vyskytli.

Výsledky ukázali, že SCS-CN metóda sa dá vhodne využiť na porovnávanie výsledkov vplyvom zmeny charakteristík povodia a klimatických charakteristík, ovplyvňujúcich tvorbu odtoku z povodia, a to aj v povodiach bez priamych pozorovaní prietokov. V prípade tejto práce išlo o porovnanie vplyvov zmien v spôsobe využitia územia alebo klimatických zmien na návrhové kulminačné prietoky. Ukázalo sa, že v povodiach, kde sa výrazne zmenil spôsob využitia územia v období od 1990 do 2018 (ako napr. v povodí Boca - Malužiná), sa pre rovnaké obdobie prejavili aj zmeny v návrhových kulminačných prietokoch. Takýmto spôsobom sa dá zohľadniť napr. vplyv odlesnenia/zalesnenia územia na prietoky, alebo napr. predpokladané zmeny v spôsobe využitia územia do budúcnosti vyplývajúce z plánu manažmentu krajiny.

SUMMARY

Changes and variations in climatic conditions together with human activity are one of the main factors that affect the hydrological conditions in watersheds. The increased extreme hydrological events, such as floods, droughts, soil erosion, pollution of water resources, etc., can cause global environmental problems and affect the economy and the lives of a large part of the population. Although precipitation is the most important external factor that affects the occurrence of floods, the scale and intensity of land use changes, such as changes in forestry, increased protection of ecosystems and natural measures for water capture, changes in vegetation as a response to climate and ecological changes, changes in legislation, etc.

This dissertation thesis focuses on the analysis of the changes in land use, the impact of these changes on design peak discharges, as well as the impact of climate change on design peak discharges in the future. The analysis of the change in land use was applied to 39 medium-sized and large watersheds in Slovakia. This part of the thesis aimed to compare the available land use maps (CORINE Land Cover) and to analyze the changes during the period from 1990 to 2018. In 21 selected small and medium-sized watersheds, design peak discharges were determined using the SCS-CN (Soil Conservation Service – Curve Number) method for the return periods of $N = 10, 20, 50,$ and 100 years. In the first part of the calculation, the effect of land use changes on the design peak discharges were evaluated for the period 1990 to 2018, where the changes in land use were presented by the change in the weighted average value of the CN number. Selected results were compared to Q_{100} data provided by SHMI. In the second part of the calculation, the impact of climate change on design peak discharges for the

and future period (2071 - 2100) was evaluated. Climate change was presented by changes in design rainfall totals, which were simulated using the CLM (Community Land Model) climate model and the SRES A1B emission scenario, and further processed using the simple scaling methodology and DVWK method (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau/ German Association for Water Management and Cultural Buildings). Based on the results of the analysis, it can be concluded that the most significant land use changes in the 1990-2018 period occurred in central Slovakia. The biggest changes in land use occurred in the two neighboring River basins Boca – Malužiná, and Ipoltica – Čierny Váh, where mainly due to severe windstorms in the given period, the biggest change in land use occurred in the category of coniferous forests, which were replaced by transitional woodland-shrub. Subsequently, the impact of these changes was also reflected in the calculation of design peak discharges. The greatest impact of the land use change for the period 1990 - 2018 was manifested in the Boca - Malužiná River basin, where the calculated values of design peak discharges increased by 7 to 8%. The impact of climate change was detected in most of the watersheds. The results show that the SCS-CN method can be used to compare the results due to changes in watershed and climatic characteristics affecting the formation of runoff from the watershed, even in watersheds without direct observations.

LITERATÚRA

- DVWK REGELN 101/1999, 1999. Wahl des Bemessungshochwassers, Empfehlung zur Berechnung der Hochwasserwahrscheinlichkeit. 1999. Hamburg: Verlag Paul Parey.
- FÖLDES, G., 2021. Vplyv klimatickej zmeny na návrhové hodnoty krátkodobých intenzít dažďov na Slovensku. Bratislava. Dizertačná práca. Stavebná fakulta, Slovenská Technická Univerzita v Bratislave.
- GLOBAL CLIMATE CHANGE ORGANIZATION, 2018. Climate Modelling [online] [cit. 9.10.2022]. <https://www.global-climate-change.org.uk/4-1.php>
- IPCC, 2014. Synthesis Report. Contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Geneva, Switzerland: Cambridge University Press, Cambridge.
- KARABOVÁ, B., 2014. Analýza parametrov metódy SCS – CN v podmienkach Slovenska. Slovenská technická univerzita v Bratislave (SvF).
- KLUGE, Ch., 1996. Statistische Analyse von Hochwasserdurchflüssen. Dresdner Berichte 7, TU Dresden.
- KOUTSOYIANNIS, D. – D. KOZONIS a A. MANETAS, 1998. A mathematical framework for studying rainfall intensity-duration-frequency relationships. Journal of Hydrology, 1998, roč. 206, s. 118–135.
- MENABDE, M. – A. SEED a G. PEGRAM, 1999. A simple scaling model for extreme rainfall. Water Resources Research, 1999, roč. 35, č. 1, s. 335–339, ISSN 00431397. doi:10.1029/1998WR900012

- MISHRA, S.K. – J.V. TYAGI – V.P. SINGH a R. SINGH, 2006. SCS-CN-based modeling of sediment yield. *Journal of Hydrology*, 2006, roč. 324, s. 301–322. doi:10.1016/j.jhydrol.2005.10.006
- RANDUSOVÁ, B. – R. MARKOVÁ – K. HLAVČOVÁ a S. KOHNOVÁ, 2015. Parametrizácia metódy SCS-CN na povodí Myjavy. *Acta Hydrologica Slovaca*. 2015, roč. 16, č. Tematické číslo, s. 161–166.
- SANTOS, J. Y. G. – S. M. G. L. MONTENEGRO – R. M. da SILVA – C. A. G. SANTOS – N. W. QUINN – A. P. X.DANTAS a A. RIBEIRO NETO, 2021. Modeling the impacts of future LULC and climate change on runoff and sediment yield in a strategic basin in the Caatinga/Atlantic forest ecotone of Brazil. *Catena*, 2021, roč. 203, s. 105308. ISSN 03418162. doi:10.1016/j.catena.2021.105308
- URSULINO, B. S. – S. M. G. L. MONTENEGRO – A. P. COUTINHO – V. H. R. COELHO – D. C. SANTOS ARAÚJO – A. C. V. GUSMÃO – S. M. SANTOS NETO – L. LASSABATERE a R. ANGULO-JARAMILLO, 2019. Modelling Soil Water Dynamics from Soil Hydraulic Parameters Estimated by an Alternative Method in a Tropical Experimental Basin. *Water*, 2019, roč. 11, č. 5, s. 1007. ISSN 2073-4441. doi:10.3390/w11051007
- USDA-SCS, 1954. Estimation of Direct Runoff from Storm Rainfall. V: *National Engineering Handbook, Part 630 - Hydrology*. United States Department of Agriculture - Soil Conservation Service, Washington DC.
- USDA-SCS, 1989. *Engineering Hydrology Training Series. Module 104 - Runoff Curve Number Computations. Study Guide*. 2. vyd. United States Department of Agriculture - Soil Conservation Service, Washington DC.
- WHEATER, H. – S. SOROOSHIAN a K. D. SHARMA, 2008. *Hydrological Modelling in Arid and Semi-Arid Areas*. ISBN 978-0-521-86918-8.
- YU, P. – SH, T. – CH. YANG a CH. – SH. LIN, 2004. Regional rainfall intensity formulas based on scaling property of rainfall. *Journal of Hydrology*. 2004, roč. 295, č. 1–4, s. 108–123.

PREHĽAD PUBLIKAČNEJ ČINNOSTI

ADC Vedecké práce v zahraničných karentovaných časopisoch

- DANÁČOVÁ, Michaela - FÖLDES, Gabriel - LABAT, Marija Mihaela - KOHNOVÁ, Silvia - HLAVČOVÁ, Kamila. Estimating the effect of deforestation on runoff in small mountainous basins in Slovakia. In *Water [elektronický zdroj]*. Vol. 12, iss. 11 (2020), online, [25] s., art. no. 3113. ISSN 2073-4441 (2020: 3.103 - IF, Q2 - JCR Best Q, 0.718 - SJR, Q1 - SJR Best Q). V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85095977991 ; CC: 000594706700001 ; DOI: 10.3390/w12113113.

ADE Vedecké práce v ostatných zahraničných časopisoch

- DANÁČOVÁ, Michaela - HLAVČOVÁ, Kamila - LABAT, Marija Mihaela. Možnosť posúdenia zmien využitia krajiny na odtokový režim v povodí toku Boca. In *Czech Journal of Civil Engineering [elektronický zdroj]*. Vol. 5, iss. 1 (2019), online, s.40-46. ISSN 2336-7148.

ADF Vedecké práce v ostatných domácich časopisoch

FÖLDES, Gabriel - KOHNOVÁ, Silvia - LABAT, Marija Mihaela. Analýza budúcich zmien v charakteristikách krátkodobých dažďov použitím scenára CLM vo vybraných staniách na západnom Slovensku. In *Acta hydrologica Slovaca [elektronický zdroj]*. Roč. 20, č. 1 (2019), online, s. 44-52. ISSN 2644-4690. V databáze: DOI: 10.31577/ahs-2019-0020.01.0005.

ADM Vedecké práce v zahraničných časopisoch registrovaných v databázach Web of Science alebo SCOPUS

LABAT, Marija Mihaela - KORBEOVÁ, Lenka - KOHNOVÁ, Silvia - HLAČOVÁ, Kamila. Design of measures for soil erosion control and assessment of their effect on the reduction of peak flows. In *Pollack Periodica*. Vol. 13, no. 3 (2018), s. 209-219. ISSN 1788-1994 (2018: 0.219 - SJR, Q3 - SJR Best Q). V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85057060279 ; DOI: 10.1556/606.2018.13.3.20.

LABAT, Marija Mihaela - HLAČOVÁ, Kamila - FÖLDES, Gabriel. Estimation of changes in runoff due to changes in forest composition. In *Pollack Periodica*. Vol. 14, no. 3 (2019), s. 109-120. ISSN 1788-1994 (2019: 0.262 - SJR, Q3 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.1556/606.2019.14.3.11 ; SCOPUS: 2-s2.0-85078741187.

LABAT, Marija Mihaela - RATTAYOVÁ, Viera - HLAČOVÁ, Kamila. The impact of changes in land use on reductions in peak floods. In *Acta hydrologica Slovaca*. Roč. 19, č. 1 (2018), s. 69-77. ISSN 1335-6291.

FÖLDES, Gabriel - KOHNOVÁ, Silvia - LABAT, Marija Mihaela. Future changes in short-term rainfall intensities in Záhorská nížina lowlands, Slovakia. In *Pollack Periodica*. Vol. 14, no. 3 (2019), s. 141-152. ISSN 1788-1994 (2019: 0.262 - SJR, Q3 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.1556/606.2019.14.3.14 ; SCOPUS:2-s2.0-85078801008.

FÖLDES, Gabriel - KOHNOVÁ, Silvia - LABAT, Marija Mihaela - HLAČOVÁ, Kamila. Predicted changes in short-term rainfall intensities and runoff at the Ipolcica River basin. In *Pollack Periodica*. Vol. 15, no. 3 (2020), s. 172-183. ISSN 1788-1994 (2020: 0.257 - SJR, Q3 - SJR Best Q). V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85096236829 ; DOI: 10.1556/606.2020.15.3.17.

ADN Vedecké práce v domácich časopisoch registrovaných v databázach Web of Science alebo SCOPUS

FÖLDES, Gabriel - LABAT, Marija Mihaela - KOHNOVÁ, Silvia. CLM Climate Scenario and its impact on seasonality changes in short-term rainfall intensities in mountainous regions of Slovakia. In *Acta hydrologica Slovaca [elektronický zdroj]*. Roč. 21, č. 1 (2020), online, s. 3-8. ISSN 2644-4690. V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85111945058 ; DOI: 10.31577/ahs-2020-0021.01.0001.

FÖLDES, Gabriel - LABAT, Marija Mihaela - KOHNOVÁ, Silvia - HLAČOVÁ, Kamila. Impact of changes in short-term rainfall on design floods: Case study of the Hnilec river basin, Slovakia. In *Slovak Journal of Civil Engineering*. Vol. 30, no. 1 (2022), online, s. 68-74. ISSN 1338-3973 (2021). V databáze: WOS: 000782174300008 ; DOI: 10.2478/sjce-2022-0008. Typ výstupu: článok; Výstup: domáci; Kategória publikácie do 2021: ADN

ŠTEFUNKOVÁ, Zuzana - HLAVČOVÁ, Kamila - LABAT, Marija Mihaela. Assessment of the impact of changes in deforestation under the effect of severe windstorms on runoff conditions in small river basins. In *Slovak Journal of Civil Engineering*. Vol. 27, no. 3 (2019), s. 37-43. ISSN 1210-3896 (2019). V databáze: WOS: 000489334200005 ; DOI: 10.2478/sjce-2019-0020.

AFC Publikované príspevky na zahraničných vedeckých konferenciách

LABAT, Marija Mihaela - ALEKSIĆ, Milica - HLAVČOVÁ, Kamila - FÖLDES, Gabriel. Impact of resolution of DEM on the calculation of design floods in a small mountainous basin. In *6th World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium - WMESS 2020 : proceedings. 7-11 September 2020, Prague, Czech Republic*. 1. vyd. Bristol : IOP Publishing, 2020, online, [8] s., art. no. 012060. ISSN 1755-1307. V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85098799234 ; DOI: 10.1088/1755-1315/609/1/012060.

FÖLDES, Gabriel - KOHNOVÁ, Silvia - LABAT, Marija Mihaela. Analysis of future changes in short-term rainfall characteristics in the High Tatras Region in Slovakia. In *6th World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium - WMESS 2020 : proceedings. 7-11 September 2020, Prague, Czech Republic*. 1. vyd. Bristol : IOP Publishing, 2020, online, [9] s., art. no. 012059. ISSN 1755-1307. V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85097996528 ; DOI: 10.1088/1755-1315/609/1/012059.

KOHNOVÁ, Silvia - FÖLDES, Gabriel - LABAT, Marija Mihaela - HLAVČOVÁ, Kamila. Changes in the IDF curves of short-term rainfall in mountainous and lowland areas of Slovakia. In *World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium (WMESS 2019) : proceedings. 9–13 September 2019, Prague, Czech Republic*. 1. vyd. Bristol : IOP Publishing, 2019, [10] s., art. no. 012083. ISSN 1755-1307. V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85076587851 ; DOI: 10.1088/1755-1315/362/1/012083.

LABAT, Marija Mihaela - FÖLDES, Gabriel - KOHNOVÁ, Silvia - HLAVČOVÁ, Kamila. Land use and climate change impact on runoff in a small mountainous catchment in Slovakia. In *Advances in Environmental Engineering (AEE2019) [elektronický zdroj] : proceedings. November 25-27, 2019, Ostrava, Czech Republic*. 1. vyd. Bristol : IOP Publishing, 2020, online, [7] s., art. no. 012036. ISSN 1755-1307. V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85079645034 ; WOS: 000538681400036 ; DOI: 10.1088/1755-1315/444/1/012036.

RATTAYOVÁ, Viera - HLAVČOVÁ, Kamila - LABAT, Marija Mihaela - KOHNOVÁ, Silvia. Comparison of the curve number method (SCS-CN) modifications and the application of measures for soil erosion reduction and flood protection in small ungauged catchment in the White Carpathian mountains in Slovakia. In *World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium (WMESS 2019) : proceedings. 9–13 September 2019, Prague, Czech Republic*. 1. vyd. Bristol : IOP Publishing, 2019, [10] s., art. no. 012084. ISSN 1755-1307. V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85076593828 ; DOI: 10.1088/1755-1315/362/1/012084.

AFD Publikované príspevky na domácich vedeckých konferenciách

- LABAT, Marija Mihaela. Návrh krajinno-inžinierskych opatrení v povodí rieky Myjava. In *29. konferencia mladých hydroológov, 16. konferencia mladých vodohospodárov, 18. konferencia mladých meteorológov a klimatológov [elektronický zdroj] : zborník súťažných prác mladých odborníkov. Bratislava, SR, 9. 11. 2017*. 1. vyd. Bratislava : Slovenský hydrometeorologický ústav, 2017, CD-ROM, [12] s. ISBN 978-80-88907-95-4.
- LABAT, Marija Mihaela - FÖLDES, Gabriel. Soil erosion and runoff prevention. In *Zborník prednášok z Konferencie mladých výskumníkov - KOMVY 2018 [elektronický zdroj] : Podhájska, SR, 17. - 19. september 2018*. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2018, CD-ROM, s. 4-11. ISBN 978-80-227-4847-6.
- LABAT, Marija Mihaela - FÖLDES, Gabriel. Analyse of the impact of deforestation in the small river basin. In *Konferencia mladých výskumníkov - KOMVY 2019 [elektronický zdroj] : zborník prednášok. Štúrovo, SR, 27. - 29. máj 2019*. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2019, CD-ROM, s. 55-63. ISBN 978-80-227-4955-8.
- LABAT, Marija Mihaela. Vplyv zmeny využitia územia a klimatických zmien na odtok v malom horskom povodí. In *Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering [elektronický zdroj] : 29th 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 16th 2019, Bratislava*. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2019, CD-ROM, s. 515-520. ISBN 978-80-227-4972-5.
- LABAT, Marija Mihaela. Zmena využitia územia vo vybraných malých povodiach na Slovensku. In *Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering [elektronický zdroj] : 30th 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 14th 2020, Bratislava, Slovakia*. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2020, CD-ROM, s. 596-602. ISBN 978-80-227-5052-3.
- LABAT, Marija Mihaela - ALEKSIĆ, Milica - FÖLDES, Gabriel. Analýza zmien využitia územia v perióde od 2006-2018 vo vybraných povodiach. In *Proceedings from 9th Conference of Young Researchers - KOMVY 2020 [elektronický zdroj] : virtuálny priestor, Bratislava, SR, 27. 11. 2020*. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2020, CD-ROM, s. 32-37. ISBN 978-80-227-5057-8.
- LABAT, Marija Mihaela. Posúdenie vplyvu klimatických zmien na odhadované návrhové prietoky v malom povodí na Slovensku. In *Zborník príspevkov z 33. konferencie mladých hydroológov, 20. konferencie mladých vodohospodárov, 22. konferencie mladých meteorológov, klimatológov a odborníkov na kvalitu ovzdušia [elektronický zdroj] : Bratislava, online, 11. november 2021*. 1. vyd. Bratislava : Slovenský hydrometeorologický ústav, 2021, USB kľúč, [10] s. ISBN 978-80-99929-30-3.

FÖLDES, Gabriel - LABAT, Marija Mihaela. Detection of future changes in seasonality of short-term rainfalls in Western Slovakia. In *Konferencia mladých výskumníkov - KOMVY 2019 [elektronický zdroj] : zborník prednášok. Štúrovo, SR, 27. – 29. máj 2019*. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2019, CD-ROM, s. 19-25. ISBN 978-80-227-4955-8.

FÖLDES, Gabriel - LABAT, Marija Mihaela. Metódy analýz budúcich zmien v charakteristikách intenzít krátkodobých zrážok. In *Zborník prednášok z Konferencie mladých výskumníkov - KOMVY 2018 [elektronický zdroj] : Podhájska, SR, 17. - 19. september 2018*. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2018, CD-ROM, s. 12-20. ISBN 978-80-227-4847-6.

AFG Abstrakty príspevkov zo zahraničných konferencií

FÖLDES, Gabriel - LABAT, Marija Mihaela - KOHNOVÁ, Silvia - HLAVČOVÁ, Kamila. Climate change impact on runoff in Boca and Ipolitica River basins in Slovakia. In *Abstract book for the 15th Miklós Iványi International PhD & DLA Symposium [elektronický zdroj] : Architectural, Engineering and Information Sciences. Hungary, Pécs, 28-29 October 2019*. Pécs : Pollack Press, 2019, USB kľúč, [1] s., paper 66. ISBN 978-963-429-449-8.

DANÁČOVÁ, Michaela - LABAT, Marija Mihaela - FÖLDES, Gabriel - KOHNOVÁ, Silvia - HLAVČOVÁ, Kamila - SZOLGAY, Ján. Odhad vplyvu zmien lesných plôch na odtok v horskom povodí. In *Hydrologické dny 2021 [sborník rozšírených abstraktů. 9. - 10. 9. 2021, Brno]*. 1. vyd. Praha : Český hydrometeorologický ústav, 2021, S. 10-11. ISBN 978-80-7653-016-4.

FÖLDES, Gabriel - KOHNOVÁ, Silvia - LABAT, Marija Mihaela. Analysis of short-term rainfall future changes using climate change scenarios in the North-Western part of Slovakia. In *Abstract book for the 14th Miklós Iványi International PhD & DLA Symposium [elektronický zdroj] : Architectural, Engineering and Information Sciences. Hungary, Pécs, 29-30 October 2018*. Pécs : Pollack Press, 2018, USB kľúč, [1] s. ISBN 978-963-429-284-5.

FÖLDES, Gabriel - KOHNOVÁ, Silvia - LABAT, Marija Mihaela. Analysis of the CLM simulation outputs for the estimation of the future changes in short-term rainfall at the Liptovská Teplička climatological station. In *HydroCarpath 2019. Catchment Processes in Regional Hydrology: Coupling Field Experiments and Data Assimilation into Process Understanding and Modeling in Carpathian Basins : posters and abstracts of the conference. Vienna/Bratislava/Sopron, 14. 11. 2019*. 1. vyd. Sopron : University of Sopron Press, 2019, S. 48. ISBN 978-963-334-349-4.

LABAT, Marija Mihaela - HLAVČOVÁ, Kamila. Design of soil erosion control measures and assessment of their effect on peak flow reduction. In *Architectural, Engineering and Information Sciences : abstract book. 13th Miklós Iványi International PhD & DLA Symposium. November 3-4, 2017, Pécs, Hungary*. Pécs : Pollack Press, 2017, S. 83. ISBN 978-963-642-780-1.

LABAT, Marija Mihaela - FÖLDES, Gabriel. Modeling of changes in runoff due to changes in forest composition. In *Abstract book for the 14th Miklós Iványi*

International PhD & DLA Symposium [elektronický zdroj] : Architectural, Engineering and Information Sciences. Hungary, Pécs, 29-30 October 2018. Pécs : Pollack Press, 2018, USB kľúč, [1] s. ISBN 978-963-429-284-5.

LABAT, Marija Mihaela. Odhad vplyvu zmien lesných porastov na odtok. 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. 470-477. ISBN 978-80-227-4864-3.

LABAT, Marija Mihaela - ŠTEFUNKOVÁ, Zuzana - DANÁČOVÁ, Michaela. Changes in floods due to changes in forest composition in two small mountainous basins in Slovakia. 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.

LABAT, Marija Mihaela - FÖLDES, Gabriel - HLAVČOVÁ, Kamila. Impact of the changes in land use, climate and CN values on the runoff in the Boca and Ipolitca River basins. In *HydroCarpath 2019. Catchment Processes in Regional Hydrology: Coupling Field Experiments and Data Assimilation into Process Understanding and Modeling in Carpathian Basins : posters and abstracts of the conference. Vienna/Bratislava/Sopron, 14. 11. 2019*. 1. vyd. Sopron : University of Sopron Press, 2019, S. 49. ISBN 978-963-334-349-4.

LABAT, Marija Mihaela - FÖLDES, Gabriel. Impact of land use and climate change on design floods in selected river basins in Slovakia. In *HydroCarpath 2020. Processes, patterns and regimes in the hydrology of the Carpathians: coupling experiments, remote sensing, citizen science and modelling [elektronický zdroj] : abstracts of the conference. Vienna/Bratislava/Sopron, 3. 12. 2020*. 1. vyd. Sopron : University of Sopron Press, 2020, USB kľúč, s. 18-19. ISBN 978-963-334-375-3.

VALENT, Peter - VÝLETA, Roman - DANÁČOVÁ, Michaela - LABAT, Marija Mihaela. A low-cost 3D printed system for monitoring meteorological characteristics in citizen-science projects. 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.

AFK Postery zo zahraničných konferencií

FÖLDES, Gabriel - KOHNOVÁ, Silvia - LABAT, Marija Mihaela. Analysis of future changes in short-term rainfall in Southwestern Slovakia. In *HydroCarpath 2018. Catchment Processes in Regional Hydrology: Field Experiments and Modelling in Carpathians Basins : posters and abstracts of the conference. Vienna/Bratislava/Sopron, 12. 11. 2018*. 1. vyd. Sopron : University of Sopron Press, 2018, S. 38. ISBN 978-963-334-199-5.

RATTAYOVÁ, Viera - LABAT, Marija Mihaela. Modeling the effect of land management on runoff and erosion processes. In *HydroCarpath 2018. Catchment Processes in Regional Hydrology: Field Experiments and Modelling in Carpathians Basins : posters and abstracts of the conference. Vienna/Bratislava/Sopron, 12. 11. 2018.* 1. vyd. Sopron : University of Sopron Press, 2018, S. 34. ISBN 978-963-334-199-5.

BFA Abstrakty odborných prác zo zahraničných podujatí (konferencie...)

FÖLDES, Gabriel - LABAT, Marija Mihaela - KOHNOVÁ, Silvia. Impact of the climate change on short-term rainfall intensities and design floods in a mountainous basin in Slovakia. In *WMCAUS 2021. Abstract Book [elektronický zdroj] : 6th World Multidisciplinary Civil Engineering, Architecture, Urban Planning Symposium, 30 August - 3 September, 2021, Prague.* 1. vyd. Praha : WMCAUS, 2021, online, s. 235.

LABAT, Marija Mihaela - ALEKSIĆ, Milica - FÖLDES, Gabriel. Land-use change analysis of selected river basins in Slovakia. In *WMESS 2020 [elektronický zdroj] : abstract collection book. 6th World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium 2020. Prague, Czech Republic, 07-11 September, 2020.* 1. vyd. Prague :2020, online, [1] s.

GHG Práce zverejnené na internete

FÖLDES, Gabriel - LABAT, Marija Mihaela - KOHNOVÁ, Silvia - KANDERA, Miroslav. Detecting future changes of short-term rainfall characteristics in the mountainous regions of Slovakia. In *Abstracts and Presentation EGU General Assembly 2021 [elektronický zdroj] : EGUsphere - The EGU interactive community platform.* 1. vyd. Göttingen : Copernicus Publications, 2021, online, [1] s., art. no. EGU21-5268. Dostupné na internete: <<https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU21/EGU21-5268.html>>. V databáze: DOI: 10.5194/egusphere-egu21-5268.

JENEIOVA, Katarina - DANACOVA, Zuzana - BLASKOVICOVA Lotta - LABAT, Marija Mihaela - POOROVA, Jana. Detection of changes in the mean monthly and yearly discharges in Slovakia , In *EGU General Assembly 2022 Vienna, Austria, 23–27 May 2022, [elektronický zdroj] : EGUsphere - The EGU interactive community platform.* 1. vyd. Göttingen : Copernicus Publications, 2022, online, art. no. EGU22-3717, Dostupné na internete: <<https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU22/EGU22-3717.html>>. V databáze: DOI: 10.5194/egusphere-egu22-3717.