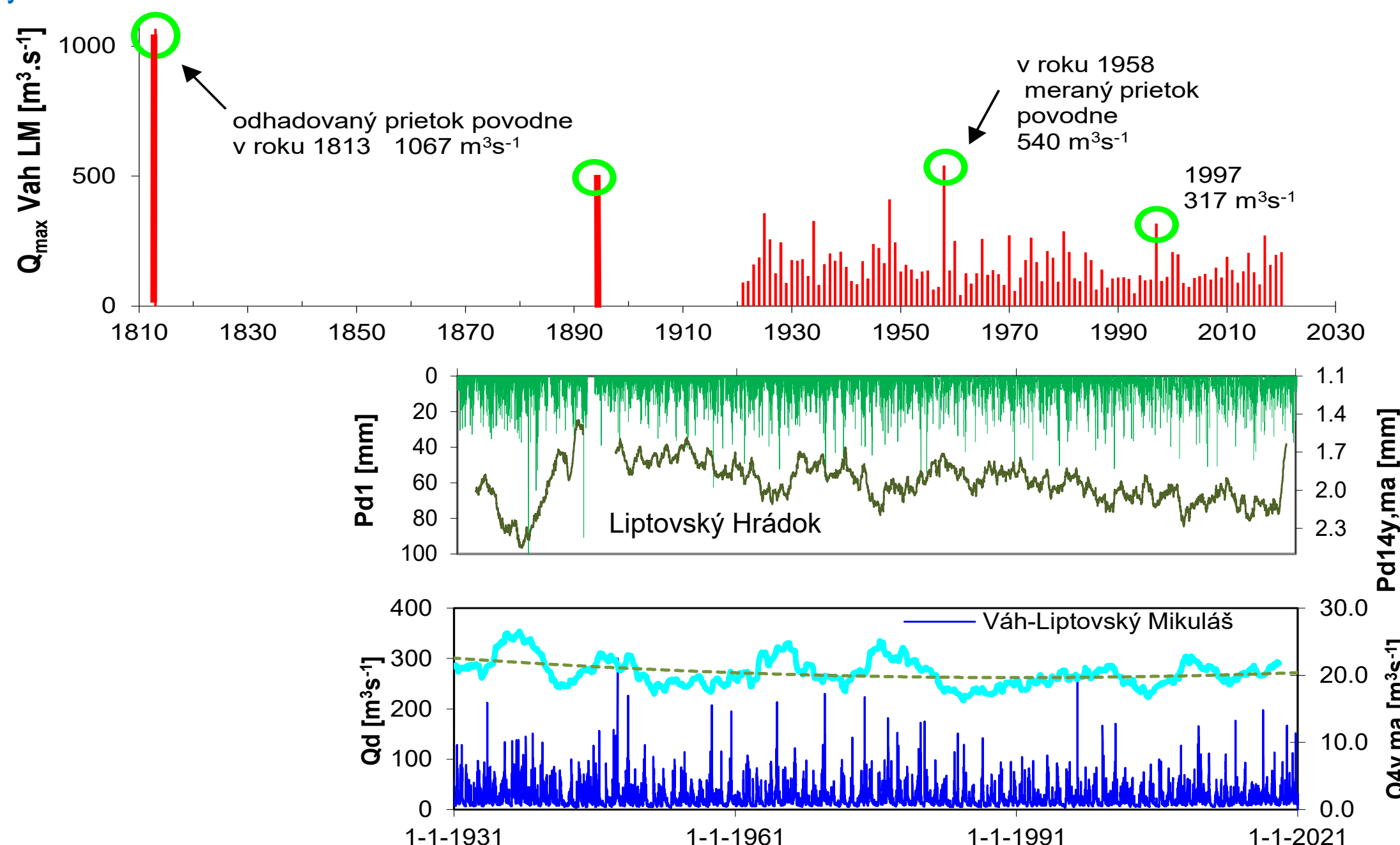


METHODS FOR DETERMINING EXTREME FLOOD SCENARIOS FOR THE UPPER VÁH RIVER

Floods are among the most serious natural hazards, and their frequency and intensity may increase due to climate change. This paper analyses extreme flood events in the upper Váh River basin, focusing on the Liptovský Mikuláš profile, where over a century of hydrological data is available. Based on daily and annual maximum discharge records for 1921–2020, characteristic flows for different return periods were estimated using the Log-Pearson Type III distribution. The results indicate that a 1000-year flood wave may peak between 721 and 1147 m³·s⁻¹. In addition to statistical method, a rainfall-runoff scenario of a catastrophic flood was simulated using the BILAN model, based on extreme precipitation events observed in the Morava basin in 2024. The results confirm the high sensitivity of the upper Váh to extreme precipitation, particularly in the Tatra region where tributaries Belá dominate runoff formation. The study highlights the importance of constructing hypothetical catastrophic scenarios as a basis for flood risk management in accordance with Directive 2007/60/EC. The findings contribute to improving regional preparedness, optimizing reservoir retention capacities, and developing early warning systems.

Údaje

Pri analýze extrémnych povodňových vln Váhu boli použité priemerné denné prietoky a maximálne ročné prietoky.



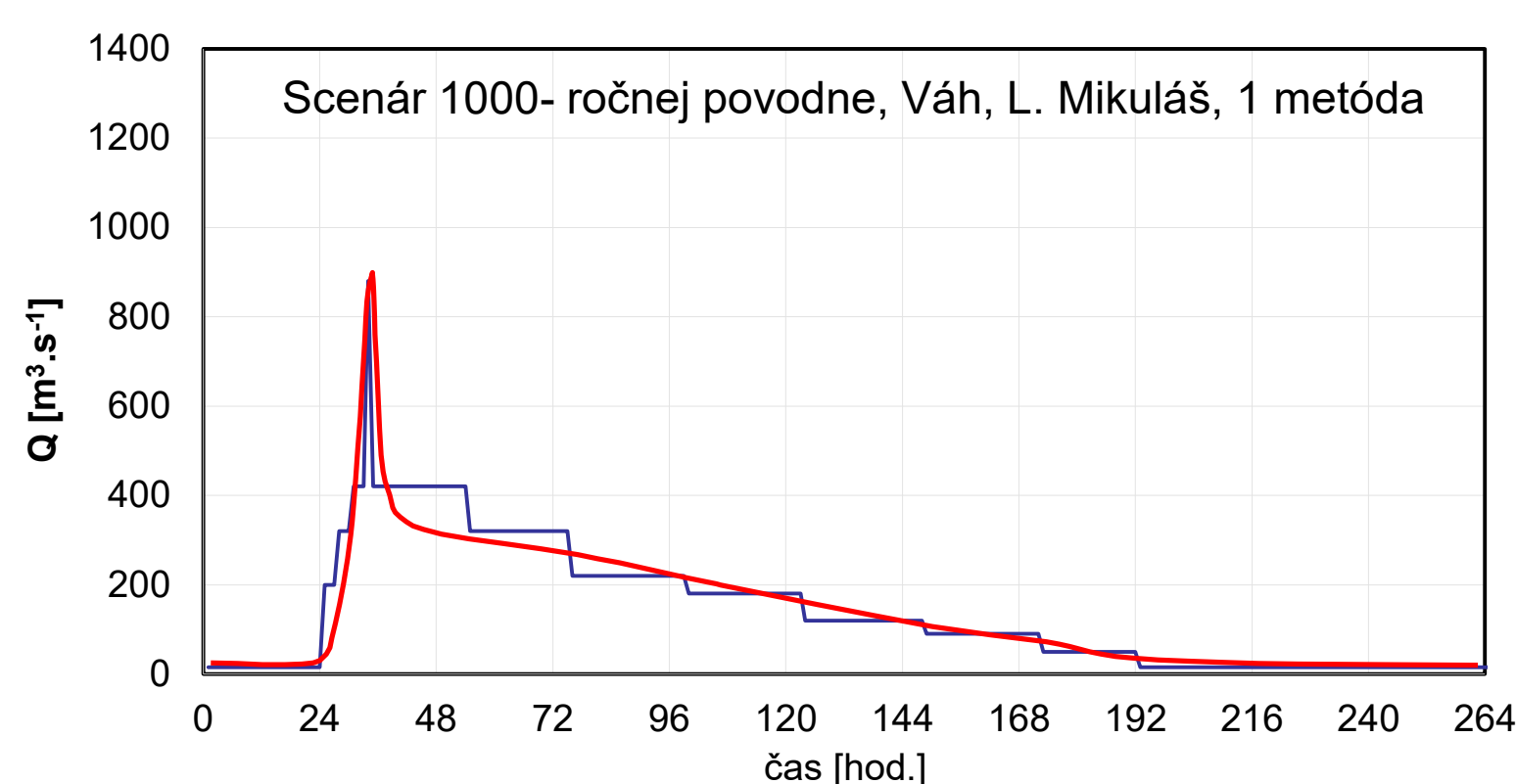
Obr. 3. Maximálne ročné prietoky Váhu v stanici L. Mikuláš za obdobie 1921–2020 a dve historické povodne; b) Denné úhrny zrážok v stanici Liptovský Hrádok (hore) a priemerné denné prietoky Váhu za obdobie 1931–2020 (dole) a 4-ročné kľzavé priemery priemerných denných prietokov Váhu, polyn. trend (zelená čiarkovaná čiara).

1. Konštrukcia scenárovej 1000-ročnej povodňovej vlny

Z výsledkov vyplýva, že letná 1000-ročná povodňová vlna na vstupe do nádrže Liptovská Mara bude kulminovať pri 721 až 1147 m³·s⁻¹, a bude mať priemerný 1-denný prietok od 350 do 520 m³·s⁻¹, 3-denný prietok od 270 do 390 m³·s⁻¹ a 7-denný prietok od 178 do 240 m³·s⁻¹.

Tabuľka 1. N-ročné prietoky Qmax a letné Q1d, Q3d a Q7d prietoky pre stanicu Váh v Liptovskom Mikuláši, horný Q(5) a dolný Q(95) 5% limit

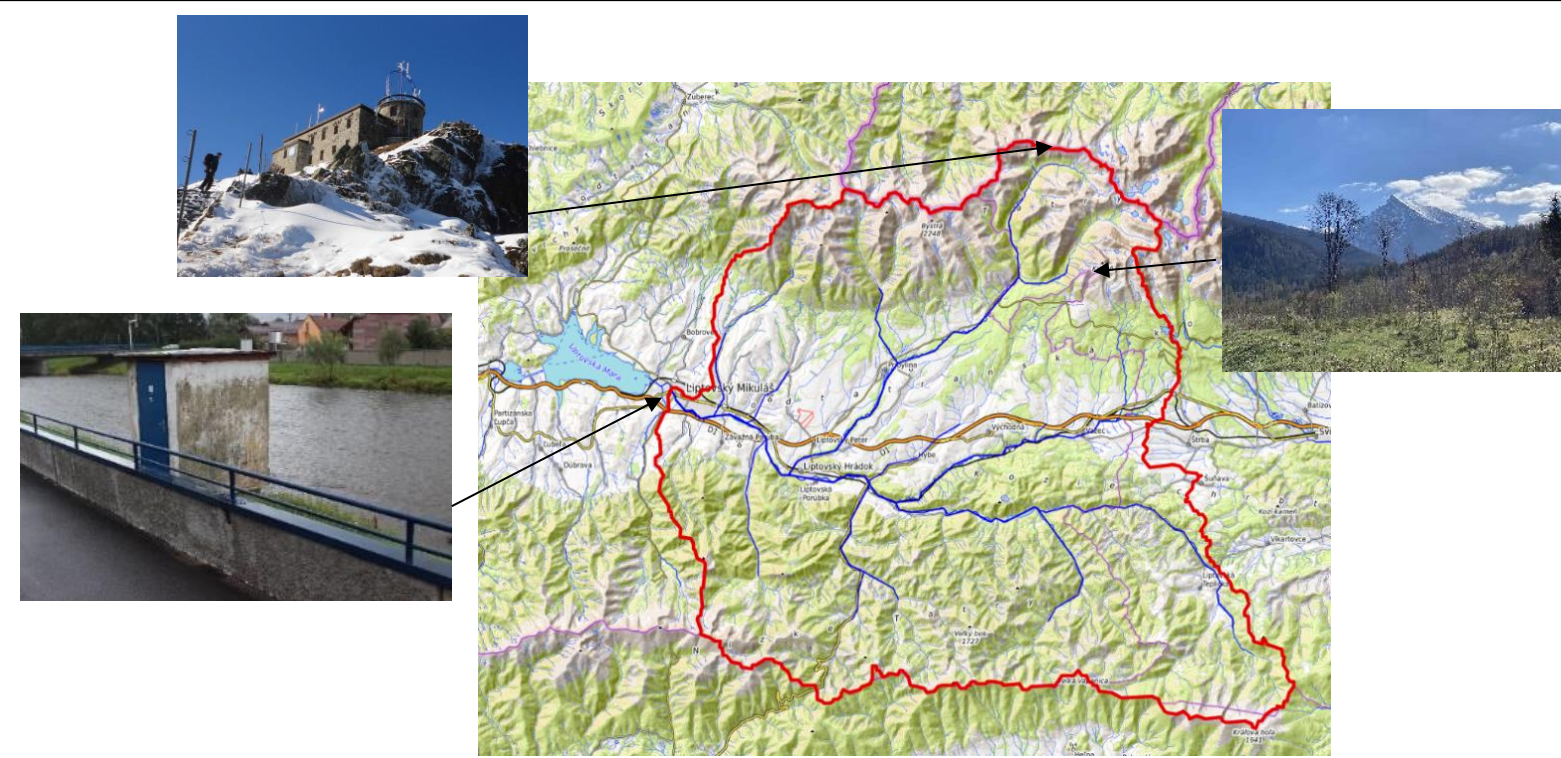
	N [roky]	log-Pearsonovo rozdelenie III typu		Konfidenčné limity	
		P [%], pravdepodobnosť	Q [m³·s⁻¹]	Q(5)	Q(95)
Qmax	10	0.1	261	293	236
Qmax	50	0.02	422	499	368
Qmax	100	0.01	507	613	435
Qmax	200	0.005	604	746	510
Qmax	500	0.002	754	957	623
Qmax	1000	0.001	886	1147	721
Q1d	1000	0.001	424	529	355
Q3d	1000	0.001	319	392	271
Q7d	1000	0.001	203	241	178



Obr. 4. Scenár 1000-ročnej letnej povodňovej vlny pre Váh: L. Mikuláš.

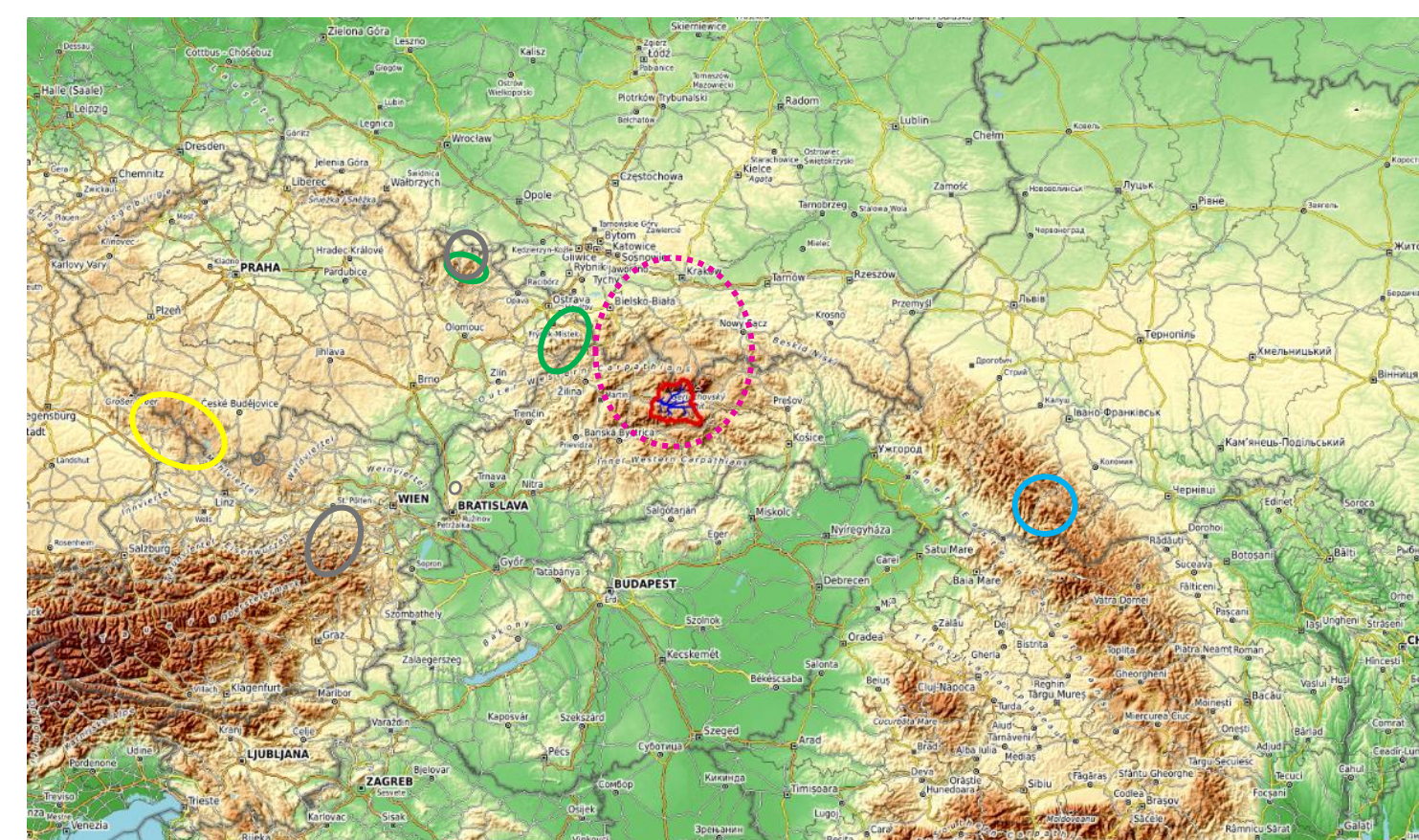
DISKUSIA

Na Slovensku sa na tejto úlohe venovali A. Svoboda, Valent a Paquet, a v posledných rokoch na KVHK STU v Bratislave. V štúdiách Svoboda (1998 a 1999) je opísaný spôsob simulácie hypotetickej katastrofálnej povodne na hornom Váhu za predpokladu, že by sa v povodí vyskytli zrážky takej výdatnosti a plošnej rozlohy ako tomu bolo v povodí Moravy a Odry v lete r.1997. Jeho výsledky naznačili, že v takomto prípade by aj pri využití retenčných priestorov nádrží Orava a Liptovská Mara kulminačné prietoky v Kľačanoch a Žiline dosiahli asi dvojnásobok vtedy platných hodnôt storočných kulminácií



Obr. 1. Schéma povodia horného Váhu po nádrži Liptovská Mara, vodomerná stanica Liptovský Mikuláš (foto: vodomerná stanica Liptovský Mikuláš a Kriváň foto: Pekárová, 11.5.2023); observatórium Kasprovy Wierch, Poľsko (foto: Pekárová 17.10. 2013).

Obr. 2. Územia zasiahnuté päť-dennými úhrmami zrážok vo výške viac ako 300 mm. Svetlozelené kruhy – povodeň 1997, žltá – 2002, modrá – 2008, tmavozelená – 2024. Rozsah povodne z roku 1813 – šarlátová bodkovaná čiara. Záujmové povodie povodie Váhu po stanicu Liptovský Mikuláš – červená rozvodnica.



Metódy

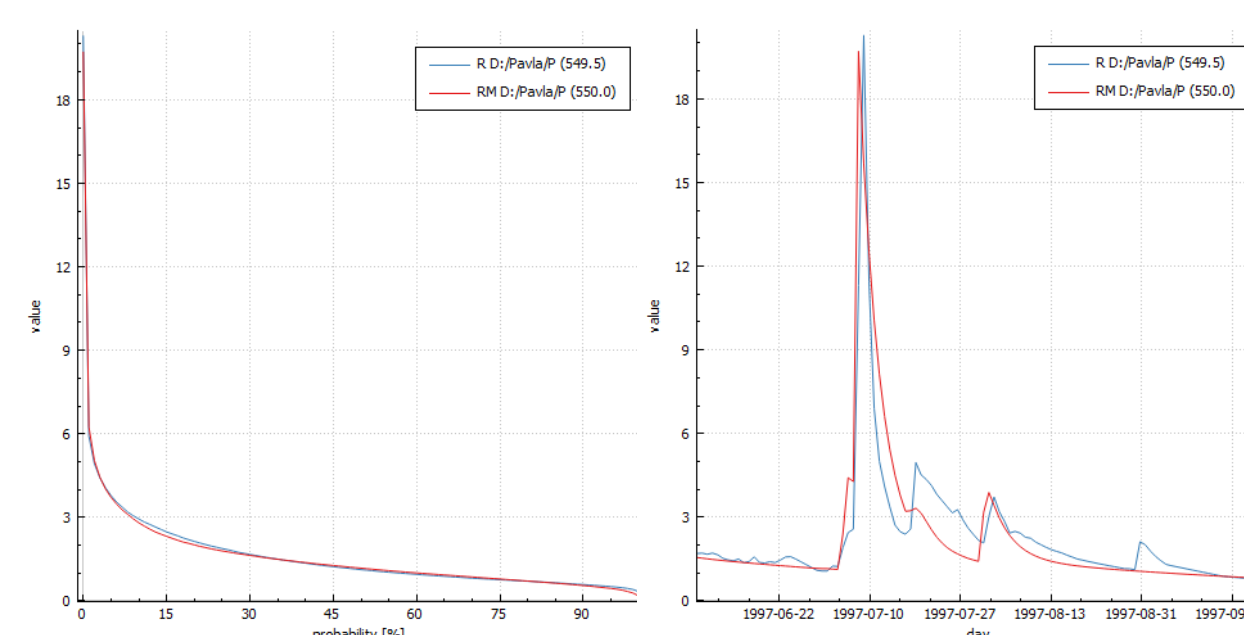
Scenár 1000-ročnej a katastrofickej povodne je možné zostrojiť viacerými spôsobmi. V tejto štúdiu sme použili dve metódy:

1. V prvom prípade sme vychádzali z meraných radov priemerných denných prietokov za obdobie 1931–2020 a radu maximálnych ročných prietokov za obdobie 1921–2020. Z radu priemerných denných prietokov sme vypočítali maximálne ročné 1-, 3-, a 7- denné prietoky pre celý rok, pre zimné (november-apríl) a pre letné obdobie (máj-október). Pre tieto rady sme odhadli parametre LP3 (log-Pearsonovho) rozdelenia tretieho typu a odhadli sme 50-, 100-, 200- 500- a 1000- ročné priemerné denné prietoky pre rady 1-, 3-, a 7- denných prietokov. Z radu Qmax sme taktiež odhadli 50-, 100-, 200- 500- a 1000- maximálne ročné prietoky. Tým sme získali podklad pre vykreslenie teoretickej 1000-ročnej povodňovej vlny.

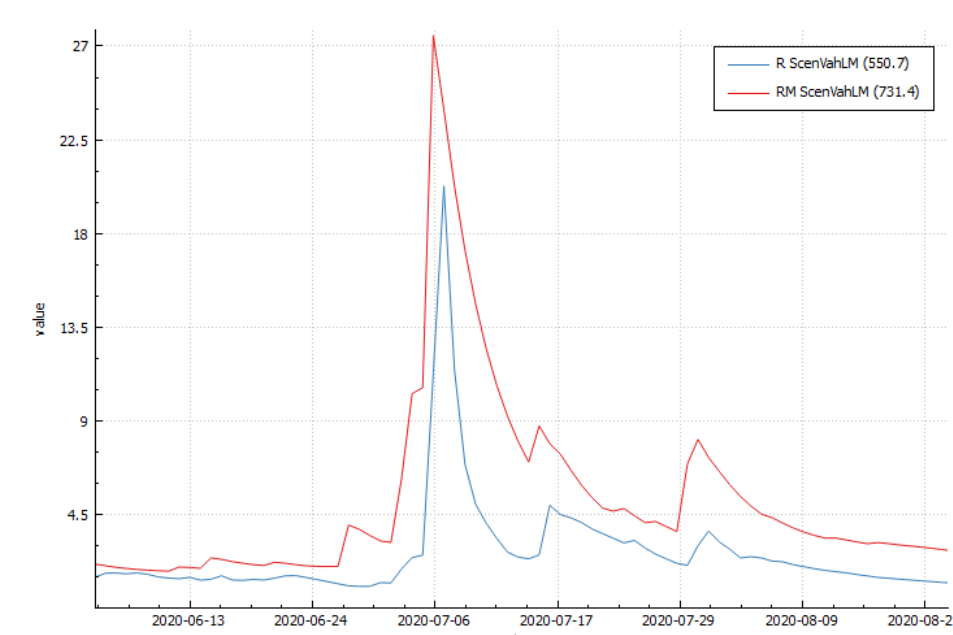
2. Podľa druhého postupu sme katastrofický scenár povodne skonštruovali na základe katastrofického zrážkového scenára použitím nakalibrovaného zrážkovo-odtokového modelu BILAN v dennom kroku. Ako katastrofický zrážkový scenár môže slúžiť niektorá zo zrážkových udalostí z posledných rokov z okolitých krajín, napr. udalosť z júla 1997 z územia severnej Moravy. V tejto práci boli zrážkové scenáre vytvorené na základe zrážkovej udalosti zo septembra 2024 nad Severnou Moravou. Predpokladáme, že povodie zasiahne zrážková udalosť vo výške za A-220 mm za 6 dní a za B – vo výške 300 mm. Zrážky z povodne z 2.-7. júla 1997 vo výške 147 mm za 6 dní sme nahradili vo vstupoch do modelu scenárovými zrážkami vo výške 220 mm a vo výške 300 mm za týchto 6 dní.

2. Konštrukcia katastrofickej povodňovej vlny Z-O modelom BILAN

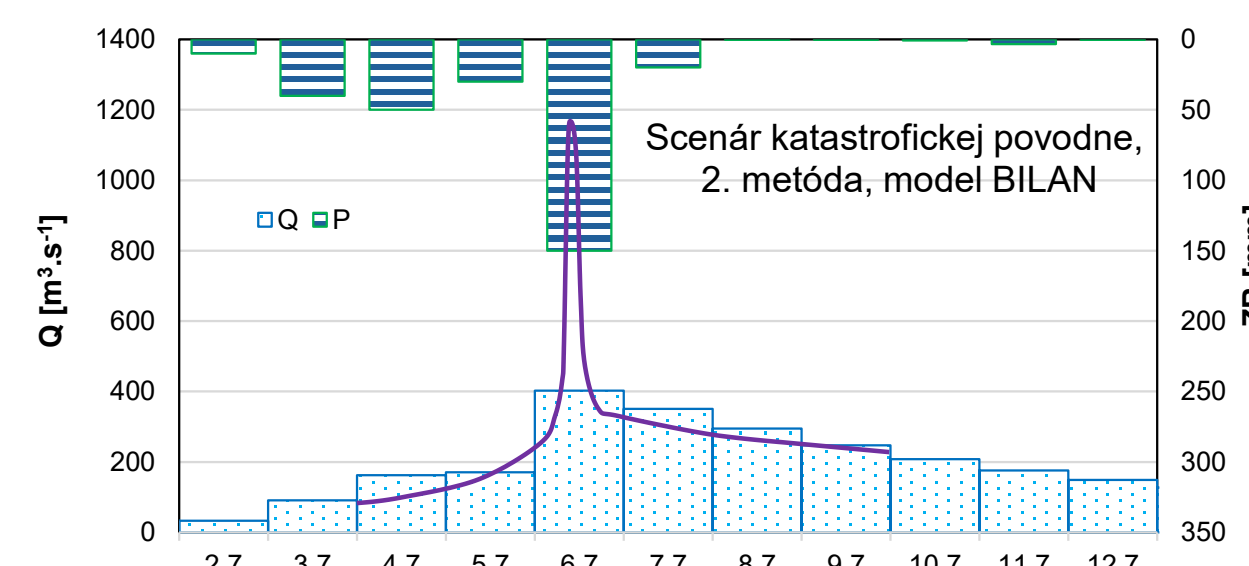
Pri modelovaní prietokov zrážkovo odtokovým modelom BILAN boli použité rady denných teplôt vzduchu zo šiestich klimatických staníc a denných úhrnov zrážok z dvanástich staníc situovaných v povodí. Tieto údaje boli použité na tvorbu časového radu denných plošných zrážok a teploty vzduchu za obdobie 1981–2020 pre priemernú nadmorskú výšku povodia.



Obr. 5. Čiary prekročenia priemerných denných odtokových výšok meraných a modelovaných modelom BILAN; b) Pribeh meraných a modelovaných odtokových výšok za povodne v júli 1997, výstup modelu BILAN, kalibrácia.



Obr. 6. Pribeh meraných a simulovaných scenárových odtokových výšok podľa povodne v júli 1997, scenár zrážok A -220 mm, výstup modelu BILAN..



Obr. 7. Pribeh simulovaných katastrofických priemerných denných prietokov pri scenári zrážok B – 300 mm. Katastrofická prietoková vlna...

ZÁVER

Prezentované výsledky sú s ohľadom na uvádzané priemerné denné a kulminačné prietoky zarážajúce. Je však potrebné uviesť si, že takéto katastrofické javy sa vyskytujú s veľmi malou pravdepodobnosťou a niekoľko generácií sa s nimi nemusí vôbec stretnúť. Napriek tomu je historicky doložený výskyt takýchto udalostí, a to ako v povodí Váhu, tak i v susedných štátoch. Samozrejme, tvar scenárovej povodňovej vlny je závislý na denných scenárových zrážkach, ktoré môžu mať rôzny priebeh. Zmenami scenárov zrážok sa dajú simulovať rôzne hypotetické prietokové vlny.

V tejto súvislosti je potrebné upozorniť, čo by bolo z hľadiska pripravenosti na katastrofy takejto mimoriadnej povahy žiaduce uskutočniť. Ide v prvom rade o súbor prác na vytvorení „katastrofických povodňových scenárov“ pre hlavné povodia slovenských tokov s vysokou koncentráciou obyvateľstva a priemyslu – pre mestá a obce.