

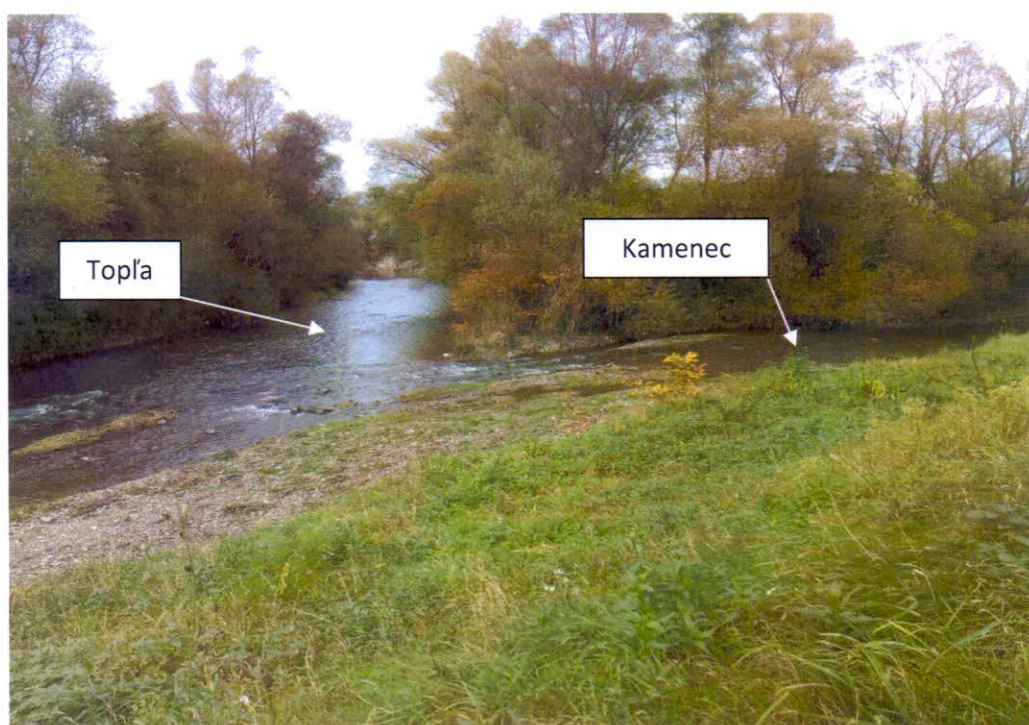


SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE

STAVEBNÁ FAKULTA

KATEDRA HYDROTECHNIKY

VÝPOČET HLADINOVÉHO REŽIMU TOKU TOPĽA V INTRAVILÁNE MESTA BARDEJOV PRI PRECHODE PRIETOKU Q_{100}



Zodpovedný riešiteľ:

prof. Ing. Andrej Šoltész, PhD.

Spoluriešiteľ:

Ing. Adam Janík

Ing. Lea Čubánová, PhD.

Bratislava , január 2018

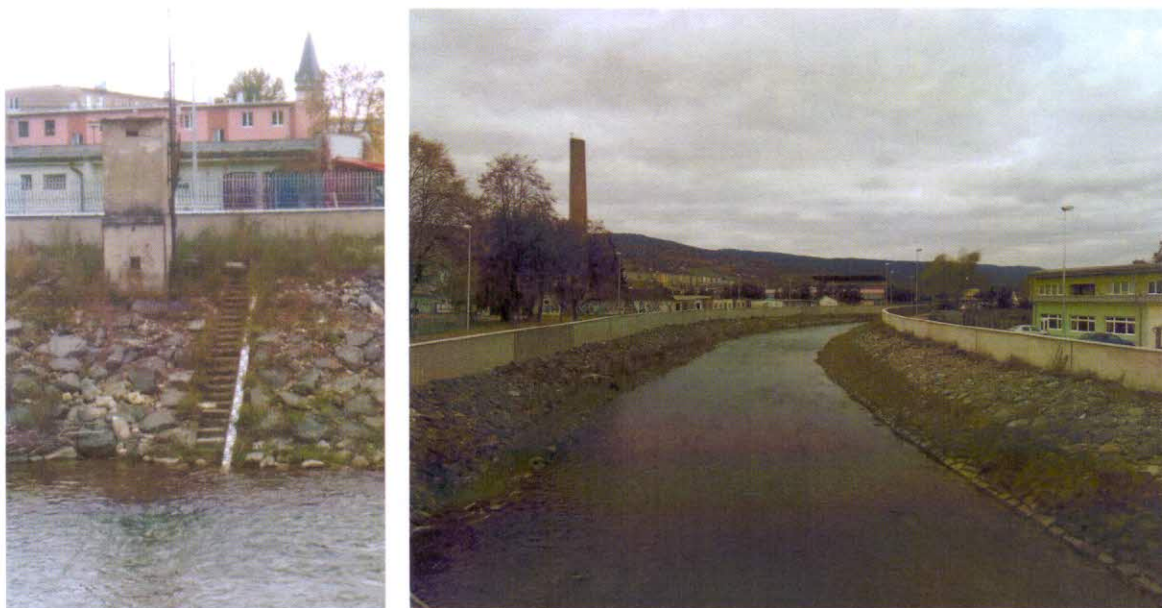
ÚVOD

Na základe dohovoru s projektantom zrealizovanej protipovodňovej ochrany mesta Bardejov (ETAPA I., obr.1), ktorá pozostávala z výstavby ochranných múrov pozdĺž rieky Topľa, riešil kolektív katedry hydrotechniky hladinový režim metódou matematického modelovania prúdenia vody v otvorenom koryte pre ustálené podmienky pri prechode storočného prietoku na Topli podľa údajov SHMÚ (príloha 1). Tento výpočet bol vykonaný z toho dôvodu, aby boli navrhnuté protipovodňové opatrenia aj v miestach, ktoré súčasne vybudovaná protipovodňová ochrana nezohľadňuje a nerieši (ETAPA II. a ETAPA III, obr.1). Navrhnuté protipovodňové opatrenia mesta Bardejov na rieke Topľa boli rozdelené do troch etáp medzi rkm 101,400 až 106,265. Prvá etapa, ktorá sa nachádza v intraviláne mesta medzi mostami Vinbarg a Mokroluh, bola už zrealizovaná výstavbou protipovodňových múrov (obr.2), ktoré lemujú tok Tople a ktorý bol aj predmetom nášho hydraulického posúdenia. Zároveň sme sa snažili posúdiť aj kapacitné možnosti rieky pre ďalšie dve etapy nad a pod už zrealizovanom úseku v centre Bardejova. Na základe toho budú navrhnuté možné protipovodňové opatrenia aj v týchto úsekoch Tople.



Obr.1 Znáznornenie rozdelenia protipovodňových opatrení na Tople do 3 etáp

Rieku Topľa v týchto miestach z oboch strán lemujú cesty a za cestami sa v blízkosti nachádzajú obytné domy, reštaurácia, hotel, mestský futbalový štadión aj zimný štadión. Na ľavom brehu rieky sa nachádzajú súkromné novostavby a je tam plánovaná ďalšia výstavba obytných domov. Z týchto dôvodov bola výstavba ochranných sypaných hrádzí neefektívna, resp. nemožná. Ich výstavba by musela byť realizovaná smerom do vnútra toku, čím by sa znížila kapacita koryta, ktorá by v konečnom dôsledku nebola postačujúca.



Obr.2 Vodomerná stanica SHMÚ a ochranné múry na Topli v meste Bardejov

Protipovodňová ochrana je preto riešená železobetónovými múrmi. Tie sú postavené na upravených brehoch koryta rieky, ktoré doposiaľ tvorili ochranné hrádze. Kapacita bola v mnohých miestach nízka, čo spôsobovalo pravidelné vyliatie rieky z koryta a následné záplavy. Táto úprava sa nachádza medzi mostami Vinbarg a Mokroluh na Štefánikovej ulici v celkovej dĺžke 1460 m. Výstavbou týchto múrov sa mala zvýšiť kapacita toku natoľko, aby previedla 100-ročný prietok, čo predstavuje $Q_{100} = 330 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Tento prietok bol z dôvodu neistoty vstupných údajov navýšený o 40%, teda na $462 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Táto úprava dvíha brehovú čiaru po celej dĺžke toku. Táto bola navýšená o 30 cm nad úroveň povodňovej línie s prietokom $462 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. V miestach prístupu k rieke je konštrukcia múrov prispôbená pre montáž mobilného hradenia. Rovnako je tomu aj v miestach v spodnej časti úpravy toku, kde bolo známe, že kapacita nebude bez mobilného hradenia dostatočujúca. Výška múrov dosahuje v niektorých miestach až 2 metre (obr.2).

Nad uvedenou zrealizovanou protipovodňovou ochranou v strede Bardejova je koryto rieky je vytvorené z naplavených kameňov a nie je nijako upravené. V týchto miestach rieky Topľa sú brehy zarastené stromami a kríkmi. Minimálna úprava sa nachádza pod novým mostom, po ktorom vedie obchvat mesta. V blízkosti mosta je zaústenie Mníchovského potoka (obr.3).



Obr.3 Nový most s úpravou koryta a zaústením Mníchovského potoka

Úsek pod zrealizovanou protipovodňovou ochranou sa ťahá od mosta Vinbarg po sútok rieky Tople s tokom Kamenec. Táto časť sa nachádza v intraviláne mesta. V hornej časti rieky, od mosta Vinbarg po Kúpeľný most na Slovenskej ulici sú brehy upravené, osiate trávou, ale sú v dezolátnom stave a je potrebná ich rekonštrukcia a taktiež je potrebné dvihnúť ich brehovú čiaru, kvôli nedostatočnej prietokovej kapacite Tople v týchto miestach (obr. 4). V tejto lokalite sa nachádza základná škola s materskou školou a hotelová akadémia.



Obr.4 Rieka Topľa medzi mostom Vinbarg a Kúpeľným mostom

V ďalšej časti pod Kúpeľným mostom sa na ľavom brehu rieky nachádza obchodné centrum OC Bardejov. V roku 2010 bolo toto obchodné centrum zaliate vodou (obr. 5). Ďalej rieku obkolesujú domy a nachádza sa tu taktiež záhradkárska oblasť s novovybudovanými „chatami“ (skôr vilami). V niektorých častiach sú vybudované protipovodňové hrádze, ale nevytvárajú dostatočnú kapacitu na prevedenie povodňových prietokov. Brehy sú zarastené stromami a krovím a koryto je tvorené z kameňa a nánosov štrku.



Obr. 5 Povodeň v roku 2010 – OC Bardejov

MODELOVANIE PRIEBEHU HLADINY TOKU TOPLA V BARDEJOVE

Matematické modelovanie bolo realizované v modelovacom programe HEC-RAS. Model bol vytvorený na základe projektantom poskytnutých geodetických podkladov, ktoré predstavovali 196 zameraných priečných profilov v úseku toku Topľa od sútoku Topľa – Kamenec proti prúdu v dĺžke 4,865 km. Zameraná oblasť predstavovala úsek toku v meste Bardejov (obr.6). Hydrologickým podkladom boli údaje z SHMÚ, ktoré predstavovali N-ročné hodnoty prietokov, konkrétne 1, 5, 10, 20, 50 a 100 – ročné prietoky v profile vodomernej stanice v meste Bardejov (rkm 103,5) a tiež v profile za sútokom s pravostranným prítokom – Šibská voda (rkm 102,6).



Obr. 6 Znáozornenie geodetických podkladov na ortofotomape mesta Bardejov

Model riešil priebeh hladiny v zameranom úseku počas 100-ročného prietoku pri ustálenom stave. Na základe nekalibrovaného modelu boli zistené nasledujúce priebehy hladín:

ETAPA II.

Úsek medzi cestným mostom (Most Vinbarg) a cestným mostom (Kúpeľný most):

V tomto úseku sa pri 100-ročnom prietoku rieka spočiatku bez rezervy drží v koryte, postupne sa však vybrežuje na pravom aj ľavom brehu. Na konci úseku pri moste je opäť kapacita koryta postačujúca s veľmi malou rezervou.

V prípade navrhovania protipovodňovej ochrany (hrádzí/betónových múrikov) by však poloha hladiny bola ovplyvnená týmito stavbami, pretože by nedochádzalo k vybrežovaniu toku. Preto sme v modeli navrhli hrádze, ktoré sme v tomto úseku modelovali na okrajoch ciest, keďže sa nachádzajú popri oboch behoch. Konkrétne umiestnenie vychádzalo zo zamerania a overené bolo pomocou ortofotomapy. Modelovaná vzdialenosť medzi hrádzami na protiľahlých brehoch sa v tomto úseku pohybovala v rozmedzí 30 až 35 m. Výsledné polohy hladín v tomto úseku sú v nasledujúcej tab. 1:

Priebeh hladín v profiloch v staničení 1625 m až 2075 m (profily v podklade označené PR66 až PR84):

Tab. 1 Poloha hladiny bez a s úpravami v priečných profiloch podľa podkladu projektanta v danom úseku

Označenie profilu	Staničenie profilu (m)	Poloha hladiny (bez úprav) (m n. m.)	Poloha hladiny (s hrádzami) (m n. m.)
PR84	2075	267.26	267.28
PR83	2050	267.24	267.26
PR82	2025	267.08	267.11
PR81	2000	266.7	266.81
PR80	1975	266.62	266.75
PR79	1950	266.51	266.49
PR78	1925	266.44	266.45
PR77	1900	266.37	266.35
PR76	1875	266.32	266.28
PR75	1850	266.24	266.18
PR74	1825	266.2	266.17
PR73	1800	266.09	266.05
PR72	1775	266.08	266
PR71	1750	266.04	265.93
PR70	1725	265.84	265.74
PR69	1700	265.23	265.39
PR68	1675	265.4	265.49
PR67	1650	265.47	265.45
PR66	1625	265.59	265.48

Paradoxne v niektorých profiloch vychádza poloha hladiny v ohrádzovanom profile nižšie ako v tom istom profile, v ktorom dochádzalo k vybrežovaniu toku. Tento jav je spôsobený nižšími hydraulickými stratami na brehoch toku (pretože tok je uzavretý hrádzami) a prúdenie vody je tiež rýchlejšie, preto je poloha hladiny nižšie.

Pozn. Most Vinbarg je kapacitne nevyhovujúci pre 100-ročný prietok a v modeli bol profil mosta úplne zahľtený, úroveň hladiny bola až na mostovke!

Úsek medzi cestným mostom (Kúpel'ný most) a železničným mostom:

V tomto úseku sa 100-ročný prietok približne rovnal kapacitnému prietoku (bez rezervy) a prišlo tiež k vybrežovaniu toku na ľavom brehu. Oba mosty majú dostatočnú kapacitu na bezpečné prevedenie 100-ročného prietoku.

Kvôli návrhu protipovodňovej ochrany som v modeli tok opäť uzavrel medzi hrázde modelované na oboch stranách, čo viedlo len k miernym zmenám polôh hladín v profiloch.

Priebeh hladín v profiloch v staničení 1425 m až 1575 m (profily v podklade označené PR58 až PR64) je uvedený v tab. 2:

Tab. 2 Poloha hladiny bez a s úpravami v priečných profiloch podľa podkladu projektanta v danom úseku

Označenie profilu	Staničenie profilu (m)	Poloha hladiny (bez úprav) (m n. m.)	Poloha hladiny (s hrádzami) (m n. m.)
PR64	1575	265.49	265.49
PR63	1550	264.95	264.95
PR62	1525	264.91	264.91
PR61	1500	264.36	264.34
PR60	1475	264.49	264.48
PR59	1450	264.28	264.29
PR58	1425	264.42	264.42

Úsek medzi železničným mostom a sútokom rieky Topľa a tokom Kamenec:

Na tomto úseku toku je kapacita koryta približne rovná 20 – ročnému prietoku, pretože sa v minulosti pravdepodobne jednalo o extravilán a na túto hodnotu bolo koryto pravdepodobne dimenzované. Voda sa síce v úseku pod železničným mostom pri 100-ročnom prietoku drží v koryte (bez rezervy), postupne sa však vylieva na pravom brehu a ohrozuje tak rodinné domy a záhrady. Nižšie pod touto oblasťou má koryto spomenutú nedostatočnú kapacitu a pri 100-ročnom prietoku sa vylieva na oboch brehoch, pričom v ohrození sú pravdepodobne aj haly na priemyselnej ulici na ľavom brehu. **Kvôli nedostatočnému zameraniu, resp. chýbajúcim údajom ohľadne nižšieho úseku toku je posledných 300 m modelovaného úseku ovplyvnených výpočtovými neistotami kvôli len približnému zadaniu okrajovej podmienky.**

Opäť, kvôli návrhu protipovodňovej ochrany, sme v modeli tok uzavreli medzi hrádze modelované na oboch stranách. Na tomto úseku v dôsledku výrazne nedostatočnej kapacity koryta prišlo k výraznejším nárastom výšky polohy hladiny. Hrádze boli modelované na brehoch toku, ich profilová vzdialenosť sa pohybovala v rozmedzí 30 – 40 m. Otázne je, ako budú hrádze v skutočnosti projektované a či by nebolo vhodné využiť inundačné územie na pravom brehu, nachádzajúce sa pod zástavbou rodinných domov a záhrad. Priebeh hladín po ohrádzovaní toku je v tab. 3.

Priebeh hladín v profiloch v staničení 1400 m až 0 m (profily v podklade označené PR57 až PR01):

Tab. 3 Poloha hladiny bez a s úpravami v priečných profiloch podľa podkladu projektanta v danom úseku

Označenie profilu	Staničenie profilu (m)	Poloha hladiny (bez úprav) (m n. m.)	Poloha hladiny (s hrádzami) (m n. m.)
PR57	1400	264.36	264.35
PR56	1375	264.35	264.34
PR55	1350	263.88	263.87
PR54	1325	263.82	263.81
PR53	1300	263.82	263.81
PR52	1275	263.86	263.85
PR51	1250	263.98	263.94
PR50	1225	263.37	263.37
PR49	1200	262.76	262.76
PR48	1175	263.08	263.46
PR47	1150	262.86	263.31
PR46	1125	262.92	263.35
PR45	1100	262.93	263.35
PR44	1075	262.82	263.29
PR43	1050	262.61	263.17
PR42	1025	262.68	263.19
PR41	1000	262.35	263.04
PR40	975	262.41	263.07
PR39	950	262.43	263.06
PR38	925	262.21	262.8
PR37	900	262.18	262.66
PR36	875	262.19	262.72
PR35	850	262.14	262.69
PR34	825	262.17	262.69
PR33	800	262.08	262.61
PR32	775	261.88	262.62
PR31	750	261.84	262.31
PR30	725	261.82	262.3
PR29	700	261.79	262.27
PR28	675	261.63	262.19
PR27	650	261.24	261.86
PR26	625	261.46	261.86
PR25	600	261.46	261.92
PR24	575	261.35	261.9
PR23	550	261.33	261.91

PR22	525	261.21	261.84
PR21	500	261.15	261.84
PR20	475	261.03	261.84
PR19	450	260.94	261.81
PR18	425	260.9	261.71
PR17	400	260.74	261.6
PR16	375	260.27	261.36
PR15	350	260.46	261.42
PR14	325	260.42	261.42
PR13	300	260.41	261.2
PR12	275	260.39	260.78
PR11	250	260.17	260.66
PR10	225	260.15	260.06
PR9	200	260.11	259.74
PR8	175	260.09	259.59
PR7	150	260.07	259.65
PR6	125	259.97	259.79
PR5	100	259.97	259.77
PR4	75	260.04	259.96
PR3	50	260.07	260.07
PR2	25	259.89	259.89
PR1	0	259.39	259.39

ETAPA III.

Úsek toku medzi začiatkom zamerania nad mestom Bardejov po začiatok úprav – cestný most (Štefánikova ul.):

Na začiatku zamerania sa (pravdepodobne) vyskytujú ramená rieky, čo usudzujem podľa tvaru zameraných priečných profilov. Z tohto dôvodu sme si na tomto úseku nedovolili modelovať budúcu protipovodňovú ochranu a prezentujem len namodelované polohy hladín v aktuálnom stave toku. Približne od profilu 159 a nižšie smerom do mesta má koryto pri 100-ročnom prietoku $330 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ dostatočnú kapacitu na prevedenie tohto prietoku bez vybreženia, avšak bez nutnej rezervy.

Priebeh hladín v profiloch v staničení 4850 m až 3600 m (profily v podklade označené PR195 až PR145) sú uvedené v tab.4:

Tab. 4 Poloha hladiny bez a s úpravami v priečných profiloch podľa podkladu projektanta v danom úseku

Označenie profilu	Staničenie profilu (m)	Poloha hladiny (bez úprav) (m n. m.)
PR195	4850	279.6
PR194	4825	279.59
PR193	4800	280.06
PR192	4775	279.51
PR191	4750	279.71
PR190	4725	279.82
PR189	4700	280.01
PR188	4675	279.72
PR187	4650	279.84
PR186	4625	279.45
PR185	4600	278.89
PR184	4575	278.03
PR183	4550	278.56
PR182	4525	278.61
PR181	4500	278.58
PR180	4475	278.48
PR179	4450	278.36
PR178	4425	278.29
PR177	4400	278.23
PR176	4375	278.25
PR175	4350	278.12
PR174	4325	277.97
PR173	4300	277.78
PR172	4275	277.76
PR171	4250	277.64
PR170	4225	277.37
PR169	4200	276.96
PR168	4175	276.69
PR167	4150	277.06
PR166	4125	276.88
PR165	4100	276.8
PR164	4075	276.88
PR163	4050	276.95
PR162	4025	276.97
PR161	4000	276.83
PR160	3975	276.93
PR159	3950	276.38
PR158	3925	276.34

PR157	3900	276.24
PR156	3875	276.18
PR155	3850	276.16
PR154	3825	276.18
PR153	3800	275.98
PR152	3775	275.34
PR151	3750	275.36
PR150	3725	274.81
PR149	3700	274.84
PR148	3675	274.98
PR147	3650	275.01
PR146	3625	275.03
PR145	3600	274.73

ZÁVER

Vypočítaný priebeh hladiny v toku Tople v intraviláne mesta Bardejov bol vykonaný metódou matematického modelovania v programe HEC RAS na základe geodetických podkladov od projektanta diela (ISPO, s.r.o.) a vstupných hydrologických údajov SHMÚ uvedených v príl.1. Je potrebné ho chápať ako prvotný výpočet, ktorý sa bude po projektantom navrhnutých úpravách opäť doladovať a najmä spresňovať, bude potrebné premerať aj vhodnosť v súčasnosti použitej dolnej okrajovej podmienka pod sútokom Tople a Kamenca.

Určite odporúčame prepočítať aj možnosť neustáleného prúdenia povrchovej vody v koryte Tople pri prechode povodňovej vlny pri prietoku Q_{100} . Vhodným podkladom by bola reálna povodeň, ktorá sa prehnala mestom Bardejov v júni 2010.

V Bratislave, 25.1.2018

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA
V BRATISLAVE
STAVEBNÁ FAKULTA
Katedra hydrotechniky
Radlinského 11, 810 05 Bratislava

prof. Ing. Andrej Šoltész, PhD.

Príloha 1 – Hydrologické údaje – tok Topľa, Bardejov – profil 1 (rkm 103,5), profil 2 (rkm 101,6), SHMÚ, december 2017.



SLOVENSKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV
Jeséniova 17, P.O.Box 15, 833 15 Bratislava 37

Odbor Hydrologické monitorovanie, predpovede a výstrahy, Ďumbierska 26, 041 17 Košice

ISPO spol. s r.o., inžinierske stavby	
Podanie čísla: 22-12-2017	Číslo spisu:
Prílohy:	Vybavuje: 5A

ISPO s.r.o.
Slovenská 86
080 01 Prešov

Váš list číslo/zo dňa
1057/2017-0819

Naše číslo
305-3849/2017/13292

Vybavuje/linka
Ing. B. Síčová /714

Košice
12.12.2017

Vec
Hydrologické údaje

Na Vašu žiadosť zo dňa 11.12.2017 Vám zasielame požadované hydrologické údaje pre:
Pf. č. 1

Tok : Topľa
Profil : Bardejov
Hydrologické číslo : 4 - 30 - 09 - 041
Plocha povodia : 325,8 km²
st. v km : 103,5

Maximálne prietoky dosiahnuté alebo prekročené priemerne raz za :

1	5	10	20	50	100	rokov
37	100	140	180	260	330	m ³ .s ⁻¹

Pf. č. 2

Tok : Topľa
Profil : Bardejov
Hydrologické číslo : 4 - 30 - 09 - 053
Plocha povodia : 413,0 km²
st. v km : 101,6

Maximálne prietoky dosiahnuté alebo prekročené priemerne raz za :

1	5	10	20	50	100	rokov
40	109	153	196	284	360	m ³ .s ⁻¹

Uvedené údaje o prietokoch platia pre prirodzený režim povrchového odtoku a podľa STN 75 1400 zaraďujeme profil č. 1 do II. triedy a profil č.2 do III. triedy spoľahlivosti.

Hydrologické údaje majú platnosť 5 rokov od ich vydania alebo overenia.

Slovenský
hydrometeorologický ústav
Ďumbierska 26, 041 17 Košice

Ing. Dorota Simonová
vedúca odboru
HMPV Košice

Telefón:
055/7961714

Fax:
055/6788538

IČO: 00 156 884
DIČ: 2020749852
IČ DPH: SK 2020749852

E-mail:
beata.sicova@shmu.sk