

Vývoj metodiky hodnotenia ekologického potenciálu výrazne zmenených vodných útvarov (HMWB) na základe ichtyocenóz

Príloha 2. Metodika na stanovenie miery ovplyvnenia horských a podhorských tokov

Zodpovedný riešiteľ: Prof. RNDr. Vladimír Kováč, CSc.

Riešiteľské organizácie: Univerzita Komenského v Bratislave, Slovenská technická univerzita,

Výskumný ústav vodného hospodárstva

Projekt APVV-16-0253

Aplikovaný výskum

1. Úvod

1.1. Vývoj a súčasný stav riešenia problematiky na Slovensku

Na Slovensku prebieha výskum monitorovania preferencií mikrohabitatu od roku 1995 (Macura et al. 2012). Výskum je sprevádzaný podrobnými ichtyologickými, topografickými a hydro-morfologickými meraniami (Stankoci et al. 2014). Nameraných a zhodnotených bolo doposiaľ už viac ako 60 úsekov podhorských a horských tokov. Toky boli vybrané na základe dostupnosti a z dôvodu, že regulácia riek má výraznejší vplyv na ichtyofaunu najmä vo vyšších úsekoch tokov. V počiatočnom výskume, považovaním makrozoobentosu za nádejný bioindikátor sa zistilo, že regulácie toku a značné zásahy do jeho geomorfológie indikuje iba okrajovo. Rybie spoločenstvá, naproti tomu, reagujú na zmeny morfológie, prietokov a fluktuáciu teploty veľmi výrazne. Na výskum rybích preferencií mikrohabitatov boli porovnávané biotické parametre (výskyt rýb) a abiotické parametre tokov (Macura et al. 2012). Na zastúpenie biotických parametrov boli použité vhodné krivky, ktoré vyjadrujú preferenciu rôzneho habitatu jednotlivými druhmi rýb pri konštantnom prietoku. Počas počiatočných rokov výskumu sa vhodné krivky derivovali na hĺbku, rýchlosť, no aj na rozsah úkrytu pre ryby a tienenie koryta (Stankoci et al. 2014), no časom sa dokázalo, že vhodné krivky pre abiotické faktory - hĺbku a rýchlosť sú najspôhlivejšie. Konkrétnejšie sa prišlo na silnú väzbu na hĺbku v prirodzených tokoch a rýchlosť toku v regulovaných tokoch, regionálna väzba vhodnostných kriviek nebola dokázaná a tak je možné ich použiť aj na iných úsekoch (Macura et al. 2012). Pri výbere vhodného bioindikátora je potrebné brať do úvahy, že rôzne druhy rýb preferujú rôzne habitaty a aj vek jedincov má významný vplyv na výber habitatu (Thomas a Bovee 1993). Na slovenské pomery sa pstruh potočný (*Salmo trutta morfa fario*) javí ako najvhodnejší bioindikátor, kvôli jeho rozšírenému výskytu na Slovensku, jeho vysokej senzitivite na zmeny v geomorfológii koryta riek a najvyššej korelácii vhodnostných kriviek (Štefunková et al. 2018; Štefunková et al. 2021). Dominantnou premennou pre pstruha potočného v podhorských tokoch je počas nízkych prietokov hĺbka vody, no v období vyšších prietokov sa môže táto závislosť na hĺbke meniť a naopak rýchlosť môže nadobudnúť významnejšiu úlohu vo výbere vhodnejšieho mikrohabitatu rybami jedincami. Zmeny v dostupnosti habitatu teda nie sú lineárne. Vplyv geologického podložja nebol dokázaný (Macura et al. 2012). Všetky merania a vyhodnocované dáta boli zbierané v letných obdobiach, pri stresujúcom faktore, minimálnych prietokoch. Minimálne prietoky majú na biotu toku negatívny vplyv kvôli nízkemu obsahu kyslíka a malej hĺbke vody, ktorá znižuje možnosti úkrytu. Pre návrh adekvátnych opatrení, ktoré by pre rybie spoločenstvá splňali funkciu pozitívne aj v tom najkritickejšom období, je dôležité sústrediť sa najmä na letné obdobie (Carlson et al. 2017). Ďalšia štúdia (Macura et al. 2016) bola zameraná na objektivizáciu hodnotenia kvality tokov z hľadiska klimatických zmien. Merania boli vykonávané pri rôznych prietokoch, modelované modelom RHABSIM a vyhodnotené váženou využitelnou plochou

(ďalej len „VVP“/ Area Weighted Suitability „AWS“), ktorá bola prispôsobená vhodným pomerom jednotlivých abiotických parametrov. V konečnom dôsledku je výsledok prezentovaný jednotlivými bunkami toku s rovnakými charakteristikami, tzv. mikrohabitatmi. Z tohto výskumu bolo možné zhodnotiť, že tvar vhodnostných kriviek je do vyššej miery ovplyvnený priemernou maximálnou hĺbkou koryta. S logickým vysvetlením, že s nízkymi prietokmi a teda s nižšou hĺbkou v koryte, ryby vyhľadávajú miesta s najväčšími hĺbkami, a teda habitat, ktorý je pre nich najmenej obmedzujúci (Capra et al. 2017). Aj pri miernom zvýšení prietoku, ryby stále pretrvávajú v rovnakom habitate. Bolo tiež zaznamenané, že povodňové podmienky nemajú významný vplyv na rybie populácie, no opačné podmienky ako nízke prietoky spôsobené klimatickými zmenami môžu mať rozhodujúci vplyv na biotu toku (Macura et al. 2016; Ivan 2015).

Súčasný výskum bol zameraný na hodnotenie kvality habitatu toku vo väčšom rozsahu hladín, čo pri priamych meraniach predstavuje časovo a technicky náročný proces a teda sa výskum pokúsil o generalizáciu vhodnostných kriviek. Výsledkom bolo, že pre podhorské a horské toky Slovenska boli vyhodnotené krivky pre hĺbku zovšeobecnené (Macura et al. 2018). Na základe zovšeobecnených vhodnostných kriviek a korelačnej analýzy boli odvodené korelačné rovnice, ktoré možno využiť na hodnotenie kvality habitatu, alebo na návrh optimálnych parametrov pre revitalizáciu. Tieto zovšeobecnené vhodnostné krivky boli použité aj na výpočty a modelovanie v tejto štúdií. Neskôr sa výskum orientoval na modifikáciu vhodnostných kriviek na širší rozsah prietokov. Ďalší výskum (Štefunková et al. 2018) porovnával rozdiel geomorfológie medzi prirodzenými a upravenými tokmi a ich vplyv na biotu, nakoľko prirodzené korytá sa odlišujú od prizmatických ich bohatou variabilitou priečného a pozdĺžneho profilu koryta. Upravené toky majú geometricky regulovaný tvar, ktorý nie je vhodný pre biotu toku (Macura a Halaj 2013). Práve morfológia takýchto regulovaných tokov je hlavným dôvodom úbytku bioty a znižovanie hodnoty rieky, preto je dôležité navrhovať nápravné opatrenia na základe objektívnych informácií (Štefunková et al. 2016). Ryby ako bioindikátory sa môžu považovať za spoľahlivý zdroj takýchto informácií. Nepopierateľná korelácia v preferenciách výberu habitatu bola zistená pri pstruhovi potočnom (*Salmo trutta m. fario*) v regulovaných aj prirodzených tokoch (Štefunková et al. 2018; 2020). Najmä z tohto dôvodu a aj kvôli jeho početnému výskytu na Slovensku sa táto práca zameriava hlavne na pstruha potočného, ktorý je vhodným bioindikátorom v horských a podhorských tokoch na Slovensku.

2. Modelovanie kvality akvatického habitatu

Simulovanie habitatov, tzv. modelovanie, sa zaužívalo spomedzi rôznych metód ako štandardný prístup na environmentálne hodnotenie tokov (Muñoz-Mas et al. 2016). Modelovanie akvatického habitatu v dnešnej dobe, ako ho poznáme, sa zakladá na hierarchickej klasifikácii geomorfologických prvkov a vlastností tokov, ktoré možno rozdeliť podľa (Hawkins et al. 1993) na tri základné zložky, makrohabitat, mezohabitat a mikrohabitat. **Makrohabitat** sa skladá z povodia, riečnej siete a bunky (segment). Pokladá sa za najväčšiu zložku v ponímaní tokov, obsahuje informácie o abiotických vlastnostiach toku a ovplyvňuje najmä pozdĺžnu distribúciu organizmov. **Mezohabitat** tvorí najmenšiu zložku makrohabitatu a je definovaný ako oblasť v toku s relatívne rovnakými alebo podobnými vlastnosťami, štruktúrou a tvarom (napr. brodový úsek) a tvorí ho podmnožina mikrohabitatov. **Mikrohabitat** je najmenšia zložka toku o veľkosti pár metrov štvorcových s rovnakou rýchlosťou, hĺbkou, tvarom, úkrytom pre ryby a typom substrátu.

Z cieľov Rámcovej smernice vody 2000/60/ES (ďalej len „RSV 2000/60/ES“) vyplýva významná potreba stanovenia kvality habitatu slovenských tokov. Súčasný výskum metodiky hodnotenia je v plnom súlade s jej potrebami a cieľmi na Slovensku. Návrh vhodných

revitalizácii má vyplývať zo špecifických podmienok každého úseku toku. Preto je nutné vychádzať z neovplyvnených úsekov tokov, ktoré reprezentujú optimálne parametre revitalizácie koryta toku (Boets et al. 2018). RSV 2000/60/ES vyžaduje určenie referenčných úsekov tokov, zodpovedajúcich dobrému ekologickému stavu (European Commission 2000). V súčasnosti existuje veľké množstvo rôznych rozhodovacích modelov, no najrozšírenejším štandardom modelovania v ekohydraulike sa stáva prírastková metodika IFIM (Instream Flow Incremental Methodology), ktorá predstavuje jeden z prvých metodických rámcov na environmentálne hodnotenie vplyvu abiotických zmien v koryte na kvalitu akvatického habitatu. Metodika IFIM je najrozšírenejší model v USA a vo všeobecnosti jeden z najrozšírenejších na svete (Paredes-Arquiola, et al. 2013; Tharme, 2003) Preto táto metodika je aj základom pre hodnotenie kvality akvatického habitatu na horských a podhorských tokoch Slovenska.

2.1. Metodika IFIM

Prírastková metodika prúdenia v toku IFIM (Instream Flow Incremental Methodology) bola pôvodne vyvinutá skupinou Instream Flow Group (IFG) z U.S. Fish a Wildlife Service (USFWS) vo Fort Collins, Kolorádo (Payne a Jowett 2013). Predstavuje interdisciplinárny modulárny rozhodovací rámec (Hawkins et al. 1993) na hodnotenie dopadu rozvoja vodného hospodárstva a úžitku z vody na akvatické ekosystémy (Bovee 1982; Bovee a Milhous 1978). Je to analytický systém procedúr zobrazujúcich časové a priestorové charakteristiky habitatu, ktorý pomáha krajinným a vodohospodárskym inžinierom v rozhodovacom procese vodohospodárskych riešení. Jeho výhodou je, že dokáže pracovať s rôznymi druhmi bioindikátorov, v rôznych špecifických podmienkach a časových a priestorových mierkach a tým umožňuje porovnanie mnohých návrhových riešení. Produktivita toku je určená hlavnými komponentami ako sú hydrologický režim, štruktúra tvaru toku, substrát dna, vegetácia, úkryty pre ryby, množstvo rozpusteného kyslíka, kvalita vody, či jej teplota a energetické vstupy (Macura a Halaj 2013). Avšak najvýznamnejšími parametrami vstupujúcimi do modelov na základe metodiky IFIM sú hĺbka vody, rýchlosť prúdenia, charakteristiky dnového materiálu a teplota (Boets et al. 2018). Po vstupe týchto údajov, IFIM následne umožní simuláciu habitatu. Metodika IFIM tiež pracuje na rozdelení trojstupňového rozdelenia habitatu na makrohabitat, mezohabitat a mikrohabitat (Hawkins et al. 1993) a prelína ich s preferenciami bioindikátorov. Ako bioindikátor s citlivosťou na mikrohabitaty sa javia byť najvhodnejšími práve rybie spoločenstvá. Ryby citlivo reagujú na zmeny v morfológii koryta, prietoku (Macura et al. 2016) a zmeny teploty (Viganò et al. 2016), preto sú vhodným bioindikátorom pri metodike IFIM v rozsahu hodnotenia mikrohabitátov. Základnými vstupmi do metodiky IFIM sú:

- a) Morfológia koryta toku (abiotické parametre)
- b) Vhodnostné krivky (biotické parametre - vyjadrujúce preferencie bioindikátorov, konkrétne ichtyofauny)

Výstup predstavuje VVP (AWS), ktorá kvantifikuje kvalitu akvatického habitatu toku.

2.2. Softvér SEFA

Modelovací softvér SEFA je pokračovaním programov PHABSIM, RHYHABSIM a RHABSIM a je spravovaný spoločnosťou Aquatic System Analysis. SEFA obsahuje jednorozmerné hydraulické analýzy habitatu, vývoj vhodnostných kritérií, analýzu transportu sedimentov, modelovanie teploty vody, riečne modelovanie, modelovanie rozpusteného

kyslíka, a analýzy časových sérií. SEFA môže tiež importovať a zobraziť 2D modely, no nie ich vytvoriť. Umožňuje tiež empirické hodnotenie pomocou vkladania indexov vhodnosti habitatu s ich pomernými proporciami váhy. SEFA umožňuje stanoviť relatívnu kvalitu rôznych biotopov z počtu jedincov bioindikátora v nich. Bioindikátory sú zvyčajne najrozšírenejšie tam, kde je najlepšia kvalita biotopu, tam kde sú v menšom počte, sa dá predpokladať, že biotop je chudobný a predstavuje nevhodné prostredie. Údaje možno analyzovať podľa skupín, ako sú typy biotopov, veľkosti rýb alebo riečne systémy, a pre každú premennú biotopu možno odvodiť frekvenčné histogramy. Index biotopu v rámci SEFA (Habitat Index Computation), teda výsledok modelovania, sa vyjadruje ako VVP (Payne a Jowett 2013).

2.3. *Vhodnostné krivky*

Vhodnostné krivky predstavujú funkciu vhodnosti (výskyt rýb) v závislosti k abiotickému faktoru (hĺbka, rýchlosť, úkryt pre jedince a i.), čiže vyjadrujú preferenciu jednotlivých druhov rýb k určitému habitatu s určitou kombináciou abiotických parametrov. Zo správania jedincov a tvaru vhodnostných kriviek vyplýva, že krivky sú pre každý druh a tok rôzne. Ak sú toky podobné morfológicky, mali by mať podobné aj vhodnostné krivky (Macura et al. 2012). Existuje niekoľko druhov vhodnostných kriviek podľa kategórie a formátu a pre správne určenie výsledku je veľmi podstatný správny výber, pretože rôzne metodiky výberu môžu tvarovať vhodnostné krivky a ovplyvniť tým dôležité vodohospodárske rozhodnutia (Galbraith et al. 2016). Kategória napovedá o spôsobe vytvorenia krivky:

- I. Kategória – odvodené z odborných ichtyologických skúseností
- II. Kategória – odvodené z frekvenčnej distribúcií jedincov vzhľadom ku špecifickým abiotickým parametrom, nameraných na referenčných úsekoch ak treba aj pre rôzne životné štádiá jedincov.
- III. Kategória – na zníženie nepresností kriviek kategórií I. a II. slúžia aj rôzne matematické indexy, ktoré upravujú výsledky terénnych meraní (Škrinár 2011).

Formát krivky môže mať významný vplyv na interpretáciu behaviorálnych charakteristík druhov (Bovee 1982). Na horizontálnej osi sa nachádza abiotický charakter habitatu a na vertikálnej sa nachádza príslušná miera vhodnosti jednotlivého druhu. Krivky pre hĺbku a rýchlosť sú najpoužívanejšie a najtypickejšie krivky v metodike IFIM (Macura et al. 2012). Krivka vhodnosti pre hĺbku je znázornená na Obr. 1.

2.4. *Vážená využiteľná plocha*

Vážená využiteľná plocha (VVP) / Area Weighted Suitability (AWS), je finálnym výstupom IFIM metodiky, predstavuje vhodnosť celého modelovaného úseku s rozdelením na mikrohabitaty a vyjadruje sa v jednotkách m^2/m (alebo ft^2/ft). V čiastkovej forme na jednotlivé úseky toku, alebo priečne profily, je reprezentovaná ako priemerný index kombinovanej vhodnosti, / Combined Suitability Index (CSI). VVP predstavuje CSI všetkých bodov merania spolu. VVP je založený na fyzikálnych charakteristikách (hĺbka vody, rýchlosť, substrát a i.) a vhodnostných krivkách (Payne a Jowett 2013).

Posledné výskumy poukazujú aj na limity VVP, ktorými sú absencia konektivity medzi navzájom sa ovplyvňujúcimi mikrohabitatmi v akvatickom biotope (Carnie et al. 2016) a menšia presnosť pri hodnotení väčších úsekov (Muñoz-Mas et al. 2016).

3. Metodika

Pre stanovenie vplyvu jednotlivých parametrov na kvalitu akvatického habitatu tokov bola zvolená nasledujúca metodika:

- Výber referenčných úsekov tokov
- Topografické a hydrometrické meranie referenčných úsekov
- Ichtyologický prieskum referenčných úsekov tokov
- Výber druhu ryby, ktorá bude bioindikátorom kvality habitatu toku
- Vplyv charakteristík habitatu na plochu váženej využiteľnosti VVP / AWS
- Korelačná a regresná analýza charakteristík toku a ich vplyv na kvalitu akvatického habitatu

3.1. Výber referenčných úsekov tokov

Vhodné úseky boli vybraté na horských a podhorských tokoch a to z nasledujúcich dôvodov:

- Úpravy horských tokov sa negatívne prejavujú na biote toku hlavne v období minimálnych prietokov,
- Horské toky majú viac spoločných charakteristík, preto aj negatívne prejavy ich úprav sú v mnohých oblastiach spoločné, preto možno očakávať, že získané výsledky bude možné pre túto kategóriu zovšeobecniť,
- Horské toky sa nachádzajú v horných úsekoch povodí, preto aj zaťaženie toku znečistením je nízke a kvalita vody obyčajne vyhovuje na plnohodnotné využitie revitalizačného účinku na tok,
- Dobrá kvalita vody vybratých úsekov horských a podhorských tokov nezatieňuje vplyv morfológie na kvalitu akvatického habitatu,
- Úpravy tokov ovplyvňujú predovšetkým morfológiu koryta. Prirodzené koryto má členitú morfológiu, ktorá vytvára pestrú štruktúru mikrohabitatov, v ktorých je koncentrovaná podstatná časť bioty v období minimálnych prietokov. Úpravou toku tieto cenné mikrohabitaty zanikajú. Preto sa minimálne prietoky najvýraznejšie prejavujú na horských úsekoch tokov.

3.2. Topografické a hydrometrické meranie referenčných úsekov

Na každom referenčnom úseku toku bola zameraná topografia koryta a určený prietok hydrometrovaním. Pre opakované merania boli fixované pevné body, z ktorých bolo možné zamerať hladinový režim pri rôznych vodných stavoch na verifikáciu hydraulického modelu. Hydraulickým modelom boli pre každý úsek určené hydraulické charakteristiky pre Q_{364d} (364-denný prietok), ktoré boli použité ako vstupné údaje do korelačnej a regresnej analýzy (kapitola 4.2).

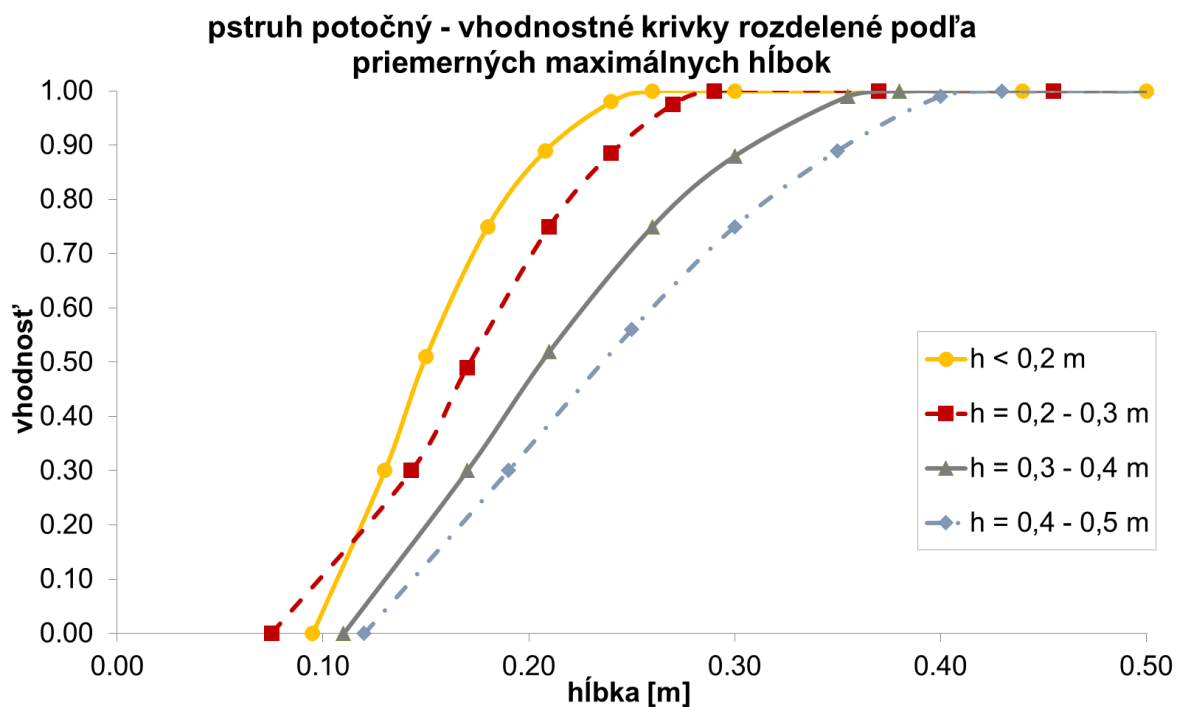
Meranie prietoku sa realizovalo súčasne s ichtyologickým prieskumom. Hydrometrovanie bolo v súlade s STN ISO 748 (75 1202). Na začiatku merania boli vybraté vhodné priečne profily na hydrometrovanie. Dno koryta v meranom priečnom profile bolo pravidelné bez veľkých kameňov alebo iných prekážok prúdenia v toku, ako to uvádza (Herschly 2008). Na meranie rýchlostí bola použitá sústava troch vrtúľ upevnených na jednej tyči. Všetky vrtuľky boli kalibrované podľa normy ISO 3455-1976.

3.3. Ichtyologický prieskum úsekov

Ichtyologický prieskum úsekov bol zameraný na určenie preferencie charakteru habitatu, rýchlosti a hĺbky toku jednotlivými druhmi rýb. Údaje boli získané metódou electro-fishing (Elektrický rybolov - využíva elektrinu na jednosmerný prúd, ktorá prúdi medzi ponorenou

katódou a anódou), obdobne ako to uvádza (Lamouroux et al. 1999). K odchytu rýb bol používaný elektrický agregát (Hans-Grassl ELT62IIHI) s možnosťou plynulej voľby elektrických parametrov. Parametre elektrického prúdu boli určené na základe vodivosti vody, a citlivosti rýb na prúd obdobne ako to uvádza (Scholten 2003). Tak bolo možné zabezpečiť minimálnu úmrtnosť rýb pri ich chytaní. Každé stanovište, kde sa nachádzali jednotlivé ryby bolo popísané podľa doporučení (Lambert a Hanson 1989). Po každom love boli ryby podľa druhov spočítané, zmerané, zvážené a vypustené späť do toku. V mieste odchytu každej ryby bola zaznamenaná charakteristika mikrohabitatu, hĺbka a rýchlosť prúdenia vody vo zvislici. Zvislicová rýchlosť bola odvodená z meraní sústavou troch hydrometrických vrtúľ umiestnených na jednej tyči. Umiestnenie hydrometrických vrtúľ bolo štandardne v nasledujúcich násobkoch hĺbky vody (H): 0,2H, 0,4H, 0,8H.

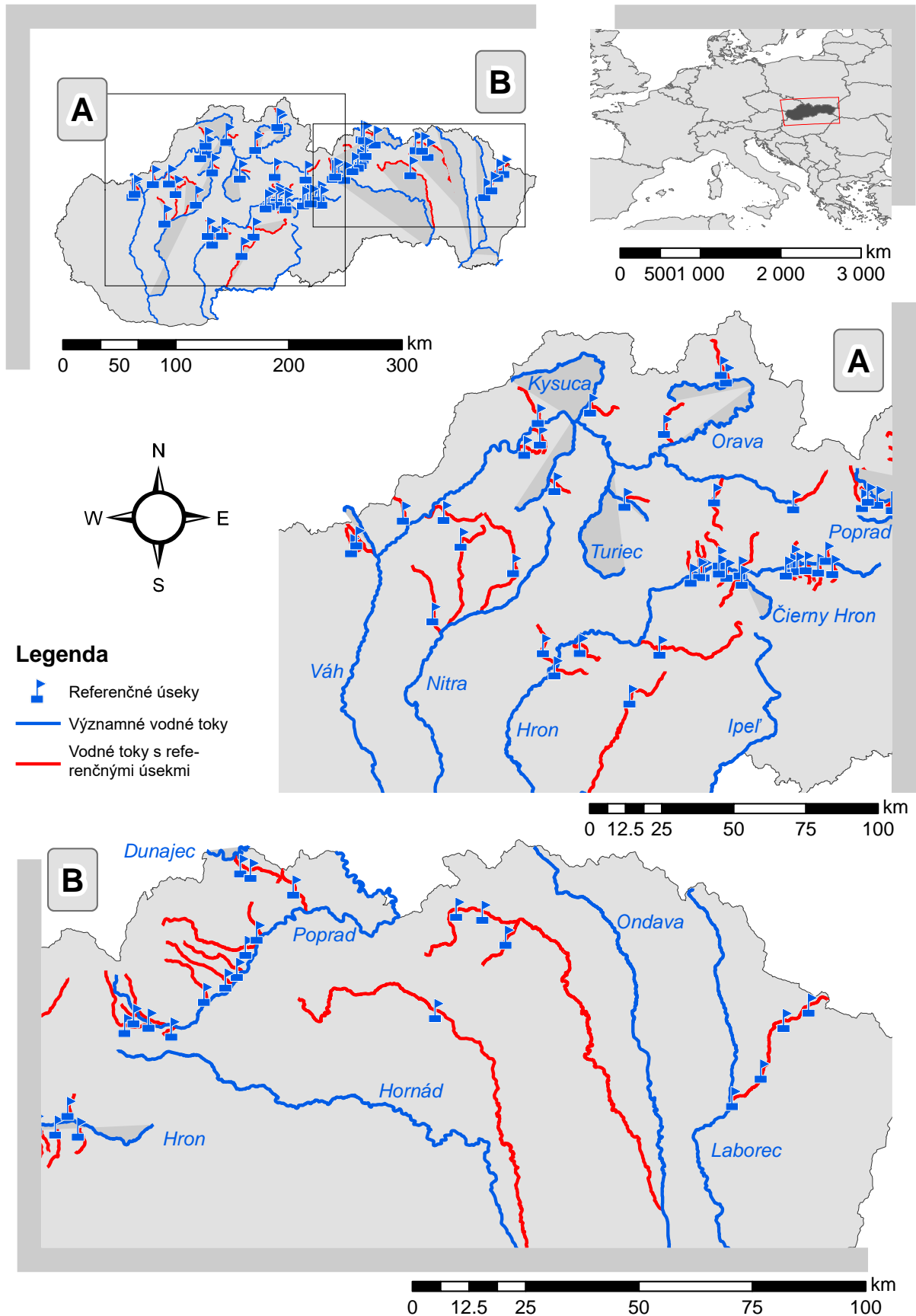
Z ichtyologického prieskumu boli na každom toku odvodené vhodnostné krivky pre jednotlivé druhy rýb. Súbor všetkých meraných vhodnostných kriviek pstruha potočného bol zovšeobecnený pre štyri hĺbkové kategórie horských tokov. Na Obr. 1 sú uvedené vhodnostné krivky pre pstruha potočného (podrobnejší opis poskytuje Macura et al. 2012).



Obr. 1 Priemerné vhodnostné krivky pstruha potočného pre parameter hĺbky rozdelené podľa intervalov priemernej maximálnej hĺbky

3.4. Charakteristika referenčných úsekov tokov

Údaje z referenčných úsekov tokov boli merané od r. 1995. V Tab. 1 sú uvedené charakteristiky úsekov, ktoré boli zamerané do roku 2018. Všetky uvedené toky v Tab. 1 majú prirodzený charakter a sú zobrazené na Obr. 2. Tieto údaje boli použité na odvodenie regresnej rovnice (kapitola 4.2).



Obr. 2 Lokalizácia referenčných úsekov tokov v rámci Slovenska

Tab. 1 Súbor charakteristík referenčných úsekov tokov

číslo stĺpca →			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Tok ↓	Geografická poloha úseku (WGS 1984)		Povodie	Q _{364d}	S _p	h _{max}	h _{pmax}	P _{max}	P _{pmax}	n _{100m}	D _{lok}	Š _{lok}	AWS
	°N	°E		[m ³ .s ⁻¹]	[km ²]	[m]	[m]			[ks/100m]	[m]	[m]	[m ² / m ²]
Biela	49°13.290'	20°28.156'	Dunajec	0.095	91.20	0.10	0.10	0.04	0.04	7.1	12.0	1.6	0.008
Čierna voda	49°10'37.0"	20°26'50.0"	Dunajec	0.021	35.48	0.46	0.18	1.00	0.71	5.9	12.8	1.6	0.181
Hagánsky potok	49°03.996'	20°11.383'	Dunajec	0.042	10.45	0.39	0.25	1.00	0.94	4.8	12.3	1.5	0.207
Kamienka	49°20.745'	20°36.221'	Dunajec	0.003	19.50	0.54	0.54	1.00	1.00	1.4	7.0	5.8	0.183
Kežmarská Biela Voda	49°09'16.5"	20°24'51.5"	Dunajec	0.003	27.28	0.24	0.24	0.90	0.90	3.2	12.0	1.7	0.170
Lipník 1	49°22.883'	20°26.374'	Dunajec	0.077	76.05	0.27	0.26	0.99	0.95	1.7	17.5	1.4	0.065
Lipník 2	49°22.439'	20°28.256'	Dunajec	0.046	37.01	0.19	0.19	0.82	0.82	2.9	5.0	2.4	0.071
Mlynica	49°03.201'	20°07.106'	Dunajec	0.049	39.76	0.48	0.30	1.00	0.87	5.2	8.3	2.1	0.127
Skalnatý potok	49°07.454'	20°21.106'	Dunajec	0.085	33.74	0.16	0.14	0.58	0.43	5.1	15.5	1.1	0.100
Teplica	49°03.114'	20°15.567'	Dunajec	0.010	3.53	0.65	0.32	1.00	0.94	7.6	7.8	0.9	0.179
Toporský potok	49°15.147'	20°30.032'	Dunajec	0.025	22.80	0.30	0.15	1.00	0.53	4.8	7.8	1.2	0.049
Vesník	49°04.428'	20°08.630'	Dunajec	0.040	3.96	0.18	0.16	0.74	0.54	6.9	5.8	0.8	0.102
Bacúšsky potok	48°51.999'	19°48.340'	Hron	0.118	24.17	0.17	0.17	0.67	0.63	3.3	10.5	1.0	0.065
Bukovec	48°48.344'	19°23.523'	Hron	0.065	16.76	0.21	0.20	0.90	0.87	3.3	21.3	0.5	0.095
Bystriansky potok	48°49.193'	19°33.612'	Hron	0.350	90.89	0.33	0.29	1.00	1.00	3.9	10.0	3.1	0.163
Čelno	48°48.605'	19°29.984'	Hron	0.022	9.98	0.22	0.20	0.94	0.88	2.5	13.5	1.3	0.142
Hodrušský potok	48°28.034'	18°43.578'	Hron	0.034	40.06	0.33	0.26	1.00	0.95	2.9	19.3	1.2	0.214
Hronec	48°50.671'	19°55.768'	Hron	0.052	43.84	0.25	0.23	0.93	0.84	3.3	14.0	1.1	0.091
Jasenienský potok 1	48°50.754'	19°27.565'	Hron	0.210	56.89	0.33	0.31	0.95	0.91	2.6	13.0	1.9	0.100
Jasenienský potok 2	48°49.244'	19°27.771'	Hron	0.430	90.34	0.29	0.25	1.00	0.94	3.4	17.3	3.2	0.278

→

Tab. 1 pokračovanie

číslo stĺpca →			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Tok ↓	Geografická poloha úseku (WGS 1984)		Povodie	Q _{364d}	Sp	h _{max}	h _{pmax}	P _{max}	P _{pmax}	n _{100m}	D _{lok}	Š _{lok}	AWS
	°N	°E		[m ³ .s ⁻¹]	[km ²]	[m]	[m]			[ks/100m]	[m]	[m]	[m ² / m ²]
Kľak	48°32.016'	18°39.801'	Hron	0.076	54.64	0.17	0.14	0.66	0.44	2.1	21.3	2.1	0.062
Krivuľa	48°52.971'	19°57.731'	Hron	0.035	5.05	0.22	0.16	0.94	0.61	3.5	12.3	1.0	0.114
Malý Zelený potok	48°50.412'	19°48.088'	Hron	0.020	6.50	0.14	0.12	0.41	0.22	3.1	13.5	0.6	0.044
Osrblianka	48°47.444'	19°34.366'	Hron	0.107	48.71	0.16	0.14	0.58	0.38	3.2	15.3	1.6	0.080
Petríkovo	48°50.687'	19°49.802'	Hron	0.055	17.01	0.23	0.20	0.97	0.84	4.3	13.2	1.4	0.196
Ráčov	48°50.609'	19°59.848'	Hron	0.054	19.81	0.15	0.13	0.50	0.32	2.5	24.7	1.5	0.060
Slatina 2	48°33'23.1"	19°12'36.0"	Hron	0.372	383.36	0.79	0.53	1.00	1.00	2.0	26.3	5.5	0.154
Sopotnica	48°48.388'	19°22.270'	Hron	0.067	23.61	0.15	0.15	0.50	0.45	3.1	11.0	1.0	0.063
Teplá	48°32.600'	18°50.163'	Hron	0.031	35.98	0.27	0.21	0.99	0.76	2.9	23.7	1.2	0.143
Vážna	48°47.173'	19°19.947'	Hron	0.058	15.35	0.22	0.16	0.94	0.56	3.2	15.7	0.9	0.121
Veľký Zelený potok	48°49.757'	19°46.682'	Hron	0.034	11.80	0.12	0.11	0.22	0.13	2.9	17.7	1.1	0.033
Volchovo	48°50.946'	19°52.191'	Hron	0.028	10.00	0.27	0.22	0.99	0.82	2.9	15.3	1.0	0.188
Krupinica	48°23'53.4"	19°05'11.2"	Ipeľ	0.014	107.72	0.14	0.12	0.41	0.22	1.7	28.0	0.7	0.016
Šibská voda	49°16'06.6"	21°15'16.9"	Bodrog	0.024	54.87	0.41	0.32	1.00	0.93	3.5	11.0	0.9	0.073
Topľa - Gerlachov	49°19'06.4"	21°06'03.8"	Bodrog	0.129	131.51	0.59	0.38	1.00	1.00	4.2	10.8	2.6	0.175
Topľa - Tarnov	49°18'55.4"	21°10'52.0"	Bodrog	0.223	204.15	0.44	0.34	1.00	0.97	4.7	15.3	1.6	0.152
Torysa	49°06'59.8"	21°03'09.1"	Hornád	0.330	467.16	0.57	0.48	1.00	1.00	1.6	24.5	5.2	0.106
Udava 1	48°58'07.8"	21°57'32.3"	Bodrog	0.094	212.94	0.13	0.12	0.35	0.19	3.3	24.0	2.3	0.033
Udava 3	49°09'31.8"	22°10'45.4"	Bodrog	0.016	12.05	0.18	0.14	0.70	0.40	3.7	14.0	0.9	0.077
Udava 4	49°07'34.5"	22°06'19.3"	Bodrog	0.025	59.25	0.41	0.22	1.00	0.80	4.0	18.2	1.2	0.256
Udava 5	49°01'30.8"	22°02'33.9"	Bodrog	0.078	174.80	0.39	0.21	1.00	0.75	4.2	18.0	4.5	0.183

→

Tab. 1 pokračovanie

číslo stĺpca →			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Tok ↓	Geografická poloha úseku (WGS 1984)		Povodie	Q _{364d}	S _p	h _{max}	h _{p,max}	p _{max}	p _{p,max}	n _{100m}	d _{lok}	š _{lok}	AWS
	°N	°E		[m ³ .s ⁻¹]	[km ²]	[m]	[m]			[ks/100m]	[m]	[m]	[m ² / m ²]
Bebrava	48°50'28.3"	18°14'06.2"	Váh	0.116	43.43	0.21	0.12	0.90	0.25	4.6	7.4	1.2	0.022
Drietonica	48°54'23.4"	17°57'13.7"	Váh	0.080	82.50	0.50	0.35	1.00	0.98	4.1	7.0	1.9	0.111
Hradnianska	49°10.686'	18°34.188'	Váh	0.025	32.14	0.18	0.18	0.71	0.71	0.8	20.5	2.0	0.100
Hybica	49°02.146'	19°47.526'	Váh	0.030	44.78	0.51	0.44	1.00	1.00	4.5	13.3	3.8	0.603
Chotina	48°36'09.5"	18°08'01.0"	Váh	0.010	81.97	0.36	0.22	1.00	0.82	4.3	8.8	0.5	0.028
Kamečnica	48°47.431'	17°43.446'	Váh	0.013	12.77	0.10	0.08	0.04	0.00	2.1	14.4	0.4	0.001
Lesnianska 2	49°02.246'	18°39.422'	Váh	0.052	20.89	0.37	0.24	1.00	0.92	2.6	12.3	2.3	0.124
Manínsky potok	49°08.549'	18°30.008'	Váh	0.015	9.59	0.23	0.15	0.97	0.53	3.2	17.0	1.2	0.234
Nitrica	48°46'24.6"	18°29'36.5"	Váh	0.213	202.54	0.65	0.46	1.00	1.00	2.2	8.6	5.5	0.107
Petrovička 1	49°14.679'	18°33.100'	Váh	0.022	64.18	0.12	0.11	0.22	0.10	3.5	14.7	1.2	0.014
Teplicka 2	48°55.169'	18°08.687'	Váh	0.052	51.08	0.41	0.37	1.00	1.00	4.3	12.3	1.7	0.239
Vadičovský potok	49°17.364'	18°47.809'	Váh	0.050	39.39	0.11	0.11	0.13	0.13	1.0	21.0	1.4	0.010
Veselianska 1	49°24.867'	19°25.965'	Váh	0.127	85.87	0.32	0.20	1.00	0.70	2.8	22.5	2.2	0.128
Veselianska 2	49°26.192'	19°24.294'	Váh	0.104	69.12	0.41	0.38	1.00	1.00	2.0	18.9	2.7	0.116
Vôdky	49°00.385'	18°59.629'	Váh	0.045	15.79	0.15	0.12	0.50	0.17	2.4	32.5	1.1	0.059
Vrzavka	48°48.969'	17°44.674'	Váh	0.008	10.00	0.16	0.16	0.60	0.60	1.3	11.0	1.5	0.057
Zázrivka 1	49°14.469'	19°09.328'	Váh	0.258	76.47	0.49	0.38	1.00	1.00	3.0	17.7	1.0	0.054

V Tab. 1 sa nachádza zoznam všetkých vodných tokov s referenčnými úsekmi lokalizovanými podľa zemepisných súradníc, s identifikáciou povodia a niekoľkých základných charakteristík. Sledované referenčné úseky boli rozdelené do šiestich povodí riek Dunajec, Hron, Váh, Ipel', Bodrog a Hornád.

V rámci každého úseku toku (spravidla v dĺžke cca 100m) boli identifikované všetky lokality (úkryty pre ryby na úrovni mikrohabitatu), v ktorých boli zaznamenané morfológické parametre. Počet lokalít v úseku bol spravidla do 10.

V stĺpci č. 1 je hodnota Q_{364d} prietoku v $m^3 \cdot s^{-1}$, ktorý bol odvodený pre každý referenčný úsek v spolupráci so Slovenským hydrometeorologickým ústavom. Hydrometrické, topografické a ichtyologické merania boli realizované v letnom období pri nízkych vodných stavoch v rozsahu od Q_{90d} po Q_{355d} . Prietoky Q_{364d} boli určené tromi spôsobmi. Referenčné úseky, ktoré boli blízko vodomerných profilov SHMÚ, sú v Tab. 1 označené **tučným písmom** v celom riadku. *Kurzívou* sú vyznačené toky, kde boli údaje určené metódou analógie z podobných povodí, na ktorých sú hydrometrické profily. Štandardným písmom sú označené referenčné úseky, kde Q_{364d} bolo odvodené metódou interpolácie medzi vodomernými stanicami SHMÚ. V stĺpci č. 2 je uvedená plocha povodia k poslednému profilu referenčného úseku. V stĺpci č. 3 je zobrazená maximálna hodnota hĺbky vody v zameranom úseku (h_{max}). V stĺpci č. 4 je vypočítaná priemerná maximálna hĺbka ($h_{p,max}$). Táto hodnota bola určená ako aritmetický priemer maximálnych hĺbok jednotlivých lokalít v danom referenčnom úseku. Podľa $h_{p,max}$ boli jednotlivé úseky zaradené do jednej zo štyroch hĺbkových kategórií z Obr. 1.

V stĺpcoch č. 5 a 6 sú zobrazené hodnoty miery vhodnosti odčítané z kriviek pstruha potočného pre hĺbku na obr. 1. Hodnoty v stĺpci č. 5 s označením p_{max} sú odčítané pre hĺbku h_{max} a hodnoty v stĺpci č. 6 s označením $p_{p,max}$ sú odčítané pre hĺbku $h_{p,max}$. Stĺpec č. 7 udáva priemerný počet lokalít (mikrohabitatov) prepočítaných na 100m toku (n_{100m}). Hodnoty v stĺpci č. 8 vyjadrujú priemernú dĺžku mikrohabitatu (d_{lok}) a v stĺpci č. 9 priemernú šírku mikrohabitatu ($š_{lok}$) v referenčnom úseku toku.

V stĺpci č. 10 s označením AWS je uvedená priemerná hodnota plochy váženej využiteľnosti pre tok v rámci referenčného úseku. Táto plocha bola určená podľa vzorca:

$$AWS = \frac{\sum_n^1 (SM_{1-n} * P_{d_{1-n}})}{S_{hl}} \quad \text{(Rovnica 1)}$$

Kde: *AWS* - vážená využiteľná plocha (lokality) [m^2 / m^2]
SM - plocha mikrohabitatu [m^2]
P_d - miera vhodnosti pre hĺbku určená odčítaním z vhodnostnej krivky [-]
S_{hl} - plocha hladiny zameraného úseku pri prietoku Q_{364d} [m^2]
 Výsledná hodnota určuje VVP v m^2 pre sledovaný bioindikátor (pstruh potočný), ktorá pripadá na jeden meter štvorcový plochy hladiny sledovaného referenčného úseku toku.

3.5. Verifikačný súbor referenčných úsekov tokov

V rámci riešenia projektu APVV bol vybraný súbor referenčných úsekov tokov. Referenčné úseky boli vybrané v pároch. To znamená, že k výrazne modifikovanému úseku toku bol vybraný prirodzený referenčný úsek, ktorý bol neovplyvnený. Na všetkých úsekoch tokov boli zamerané základné morfológické charakteristiky. Súbor získaných údajov bol využitý na validáciu regresnej rovnice. Následne bol využitý aj na kategorizáciu miery modifikácie – ovplyvnenia toku.

3.6. Charakteristika vybraných úsekov verifikačného súboru horských tokov

3.6.1. Handlovka

Handlovka je rieka na strednom Slovensku, v okrese Prievidza. Je ľavostranným prítokom Nitry, má dĺžku 32 km a zaberá povodie s veľkosťou 178,3 km². Je tokom IV. rádu a priemerná lesnatosť povodia je 40 %. Pôvodný názov rieky bol Prievidza (do polovice 19. storočia). Pramení v pohorí Vtáčnik pod vrchom Biely kameň (1 135,0 m n. m.) v nadmorskej výške približne 770 m. Tečie východným smerom a asi po 1,5 km vteká do Handlovskej kotliny, kde napája Handlovský rybník. Stáča sa na sever, preteká časťou Horný koniec a následne aj mestom Handlová, na území ktorej priberá sprava Mlynský potok a potok Struhár a zľava Račí potok. V blízkosti obce Ráztočno priberá Hraničný potok sprava, oblúkom sa stáča na severozápad a vetví sa na dve ramená. V obci priberá Morovniansky potok zľava a výrazne zvlneným korytom preteká obcami Jalovec (priberá pravostranný prítok zo Strednej doliny) a Chrenovec-Brusno (na území obce ústia do Handlovky ľavostranný Jalovský potok a pravostranný Kolárová). Následne priberá pravostranný prítok spod Dolných lánov, preteká obcou Lipník a opäť sprava priberá Lipníček. Ďalej preteká obcou Veľká Čausa, tu priberá zľava prítok zo severozápadného svahu Jelenieho vrchu (701,5 m n. m.) a za obcou z pravej strany Čausiansky potok. Vteká do lesnatej oblasti Necpalskej hory (ktorá oddeľuje Handlovskú kotlinu od vlastnej Hornonitrianskej kotliny), cez ktorú sa prerezáva hlboko zarezaným skalnatým údolím, stáča k juhozápadu a priteká na územie mesta Prievidza. Tečie rovinným územím dna Hornonitrianskej kotliny, kde priberá niekoľko ľavostranných prítokov, stekajúcich zo svahov pohoria Vtáčnik. Najprv Mraznicu, potom prítok z Driakovej doliny s Moštenicou, ďalej Vlčí kanál a najvodnatejšiu Ciglianku, ktorá preteká obcou Koš a na území ktorej (pri železničnej zastávke) sa vlieva v nadmorskej výške cca 245 m n. m. do Handlovky. Handlovka ústi do Nitry medzi obcami Koš, Opatovce nad Nitrou a mestom Nováky (časť Laskár). Zo zaujímavostí dejín, dňa 11. decembra 1960 došlo k mohutnému zosuvu na južnom okraji Handlovej, ktorý bol v pohybe až do 30. mája 1961. Zosuv známy ako Handlovský zosuv zdvihol koryto Handlovky v kratšom úseku až o 10 metrov.

Prirodzený úsek



Upravený úsek



3.6.2. Lehotský potok

Po hydrologickej stránke patrí záujmové územie do povodia rieky Nitra. Prevažná väčšina tokov širšieho záujmového územia je regulovaná a tvorí ju okrem zvyškov pôvodných tokov aj sieť odvodňovacích kanálov. Predmetná lokalita sa nachádza na toku Lehotský potok, ktorý ňou preteká severozápadným smerom a je ľavostranným prítokom Nitry. Lehotský potok pramení v pohorí Vtáčnik, od prameňa tečie severným smerom, ďalej sa mierne stáča na severozápad, z pravej strany príberá Dolinový potok, preteká obcou Lehota pod Vtáčnikom, sprava príberá Suchý potok a následne Cigliansky kanál, ktorý ho spája s tokom Ciglianka ako aj privádza vodu z Tapkovho potoku, ktorý má pravostranné prítoky Krivý potok a Hlboké a ľavostranný prítok Rakovec. Lehotský potok sa následne stáča na západ a v Novákoch ústi do rieky Nitra (Slovenský vodohospodársky podnik, 2014).

Prirodzený úsek



Upravený úsek



3.6.3. Teplica

Teplica je pravostranným prítokom Myjavy s dĺžkou 34 km, pričom 28 km je na území Slovenska. Je to rieka tečúca územím okresov Myjava a Senica. Pramení v Bielych Karpatoch na území Česka pod sedlom U tří kamenů v nadmorskej výške cca 440 m n. m., južne od moravskej obce Kuželov. Pri osade U Sabotů vteká na územie Slovenska. Tečie cez obec Vrbovce a z oboch strán priberá kratšie prítoky, Pri osade Javorec sa rieka stáča na juh, na oboch brehoch sú rozvinuté početné výmole a vteká na územie obce Sobotište (už v Chvojnickej pahorkatine), tu sa konali aj terénne merania. Ďalej napája vodnú nádrž Kunov, preteká obcou Kunov a stáča sa najprv na juhozápad, neskôr na území mesta Senica na západ (tu priberá Rovenský potok a Pasecký potok sprava) a od Čáčova opäť tečie na juhozápad. Do Myjavy sa vlieva v katastrálnom území Senice (cca 1 km od železničnej stanice) na Myjavskej nive (už súčasť Borskej nížiny). (Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky, 2011).

Prirodzený úsek



Upravený úsek



3.6.4. Štiavnica

Štiavnica je rieka na juhu stredného Slovenska, na území okresov Banská Štiavnica, Krupina a Levice. Je to pravostranný prítok Ipl'a, do ktorého ústi medzi obcami Hrkovce a Vyškovce nad Ipl'om. Dĺžka toku je 54,6 km a plocha povodia 441 km². Je to vrchovinnno-nížinný typ rieky s nízkymi prítokmi (2,7 m³/s pri Tupej).

Pramení v Štiavnických vrchoch pri Banskej Štiavnici. Tečie na juhovýchod, priberá sprava Štefultovský potok, preteká obcou Svätý Anton a tečie južným smerom. Tu priberá Studenský potok z ľavej strany a Ilijský potok z pravej strany. Vteká do Prenčovskej kotliny, preteká obcou Prenčov, kde sprava priberá Babí potok a opäť sa stáča na kratšom úseku na juhovýchod. Pri osade Tepličky priberá zľava Lično a tečie bralnatým údolím na juh. Vstupuje do Ipeľskej pahorkatiny a začína meandrovať. Preteká cez Hontianske Nemce a Domaníky, priberá Suchý potok sprava a mení smer toku viac na juhozápad. Dolina rieky sa výrazne rozširuje pri osade Pirovské. Z pravej strany priberá najväčší prítok Klastavský (Bačovský) potok (147,5 m n. m.) a sprava ešte aj Slunovský potok a oddeľuje obce Hontianske Tesáre (na pravom brehu) a Dvorníky (na ľavom brehu). Ďalej tečie cez Terany a Dudince, kde sa výrazne stáča k juhovýchodu a neskôr k juhu, priberá sprava Veperec pri Hokovciach a zľava Slatinský potok. Preteká okrajom obcí Horné Semerovce, Chorvatice a Tupá a ústi v meandri Ipl'a.

Prirodzený úsek



Upravený úsek

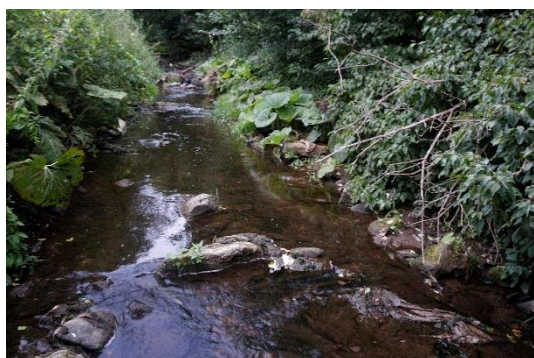


3.6.5. Dolinský potok

Dolinský potok je rieka na východnom Slovensku, na rozhraní Prešovského a Košického kraja. Je ľavostranným prítokom Hornádu, má dĺžku 9,7 km, na jeho toku sa nachádza 6 priečných stupňov, prekonáva prevýšenie 254,85 m v priemernom pozdĺžnom sklone 2,63% a predstavuje dolné pstruhové pásmo podľa zaradenia vodných útvarov podľa jednotlivých povodí do rybích

pásiem podľa § 5 ods. 2 Vyhlášky MŽP SR (Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky, 2018). Potok je napájaný tokmi Pohlodov a Krivý potok a nachádza sa medzi obcami Víťaz a Kluknava. Okolité svahy pohorí sú zarastené zmiešanými lesmi s prevahou ihličnatých stromov. Dominantné formy reliéfu tvoria riečne nivy a terasy Dolinského potoka a Hornádu tvorené hlinami a pieskami na štrkovom podloží, ďalej doliny s nivou, ploché chrby, erózne ryhy, úvalinové doliny a výmole. Blízko obce Kluknava sa v juhovýchodnom smere od Štefanskej huty nachádza aj slatinisko vyvinuté na nive (*PROGRAM HOSPODÁRSKEHO A SOCIÁLNEHO ROZVOJA OBCE KLUKNAVA*, n.d.). Podnebie v celej tejto oblasti je mierne s priemernými teplotami v zimných mesiacoch -3 až -6 stupňov Celzia, v letnom období 20 až 34 stupňov Celzia, počet dní so snehovou prikrývkou je 120 až 160 a počet letných dní sa pohybuje medzi 20 až 30. Významným antropogenickým tlakom na tok je silné znečistenie toku, aj vďaka rómskej osade, ktorá sa nachádza pod obcou Víťaz a nad zameraným prirodzeným úsekom. Kvôli silnému znečisteniu aj rozmerným odpadom sa konajú pravidelné čistenia potoka.

Prirodzený úsek



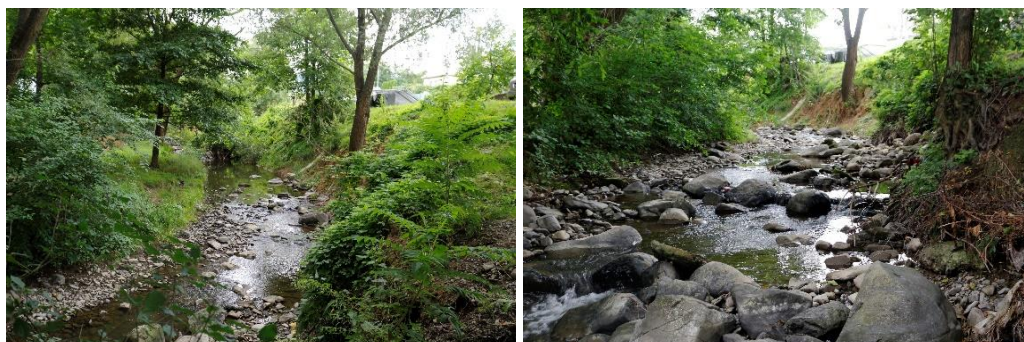
Upravený úsek



3.6.6. Olšava

Olšava je tok IV. rádu na východe Slovenska, v povodí Bodrogu, vtekajúci do rieky Topľa. Pramení v Slanských vrchoch vo výške cirka 658 m n. m. Svojou trasou prechádza v južnej časti okresu Vranov nad Topľou cez tri obce Banské, Davidov a Sačurov. Od prameňa tečie najprv na sever a za obcou Banské vytvára veľký oblúk smerom na východ, ktorým obteká príľahlý masív a následne pokračuje už len východným smerom. V hornatej časti za obcou Banské tvorí hlboko zarezanú ríavu s príkrymi svahmi a úzkym profilom. Na účely terénnych meraní boli vybrané úseky v obciach Davidov (prírodný úsek) a v obci Sačurov (upravený úsek) s miernejšími sklonmi brehov v úseku riečnych kilometrov 0 – 6,5 km od ústia do Toply. Do Olšavy vtekajú prítoky pravostranné: prítok zo severného svahu Strednej hory, Olšavka, Komorský potok, Zárubský potok, Davidovský potok a ľavostranné: Banský potok, Čirchliansky potok, prítok spod Banských lazov a prítok z oblasti Harangova. Rieka ústi do Tople východne od obce Sačurov v nadmorskej výške 114,1 m n. m., ktorá sa neskôr vlieva do Ondavy. Podľa MINZP SR (Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky, 2018) sa na toku nachádza 8 stupňov ovplyvňujúcich ekologickú stabilitu toku, priemerná nadmorská výška toku je 154,4 m n. m., prevýšenie prekonáva vo výške 72,70 m, v priemernom sklone 1,12 %. Celková dĺžka toku 17,7 km rozdelená do dvoch rybích pásiem podľa výšky, sklonu a ichtyofauny. V riečnych kilometroch 0 – 6,5 km je to pásmo mrenové a v 6,5 – 17,7 km je to pásmo dolné pstruhové, začínajúce priamo na konci obce Davidov.

Prírodný úsek



Upravený úsek



3.6.7. Hnusné

Hnusné je tok III. rádu v povodí Hrona, v okrese Brezno. Jeho prameň sa nachádza v nadmorskej výške okolo 1 055 m n. m. pod vrchom Mesiačik (1 362 m n. m.) v Nízkych Tatrách. Hnusné tečie od prameňa prevažne južným smerom, pretekajúc cez Krpáčovo, Horehronské podolie, Suchú dolinu, cestou napája tri malé vodné nádrže Richtárovo, Hnusno 1 a Tajch, pokračuje do osady Bruchačka, až napokon do Podbrezovej kde v nadmorskej výške 460,5 m n. m. ústi do Hrona. Jeho ľavostranné prítoky sú Veľká Riavka, dva ďalšie malé prítoky a ďalší prítok z oblasti Richtárova. Pravostranné sú Malá Riavka, Vlčí potok a prítok v osade Bruchačka. Hnusné má dĺžku toku 11,2 km a prekonáva na nej 8 stupňov či hatí. Jeho priemerná nadmorská výška je 829,19 m n.m., prekonáva prevýšenie 713,54 m n.m., dĺžka toku je 11200 m, priemerný pozdĺžny sklon je 6,37% a je zaradený do horného pstruhového pásma (Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky, 2018). Údolie je hojne rekreačne využívané a dokonca na vodnej nádrži Richtárovo sa pravidelne konajú detské rybárske prívlačové preteky. Prípravy na také preteky predstavujú výraznú úpravu povodia v intenciách vykosenia, úpravy príchodov k vode, zarybnenie revíru, povodia o veľkosti 2ha, s novou osádkou pstruha dúhového v množstve 800kg pod vedením MO Podbrezová (“V doline potoka Hnusné bývajú pekné preteky. | Slovenský Rybársky Zväz,” n.d.).

Prirodzený úsek



Upravený úsek



3.6.8. Dobročský potok

Dobročský potok je tokom IV. rádu a ľavostranným prítokom Krivánskeho potoka, ktorý neskôr ústi do rieky Ipel'. Nachádza sa v severnej časti okresu Lučenec a má dĺžku 9,9 km. Jeho prameň (cca 780 m n. m.) sa nachádza neďaleko osady Briestiny vo Veporských vrchoch, na západnom úpätí Vrchdobroča (917,5 m n. m.). Tečie prevažne južným smerom priberá zopár ľavostranných prítokov, pred obcou Dobroč pravostranný prítok Dobročajka a v obci Dobroč ďalší ľavostranný prítok Lúčny potok. Pred obcou Lovinobaňa, neďaleko vodnej nádrže Ružiná, pod vrchom Divínsky háj (384 m n. m.) vteká v nadmorskej výške 241,3 m n. m. do Krivánskeho potoka. Tok prekonáva 7 stupňov/hatí, jeho priemerná nadmorská výška je 511,48 m n. m. a, v priemernom pozdĺžnom sklone 5,41% prekonáva prevýšenie 535,90 m a je zaradený do dolného pstruhového pásma (Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky, 2018). V roku 2006 čelila samospráva problému s neudržiavanými protipovodňovými prehrádzkami vybudovanými v polovici 20. storočia na zadržiavanie jarných privalových vôd z povodia. Prehrádzky boli značne poškodené a po okraj naplnené snehom a ľadom. V júny 2010 obec Dobroč zaznamenala povodeň z privalových zrážok (MŽP SR, 2014).

Prirodzený úsek



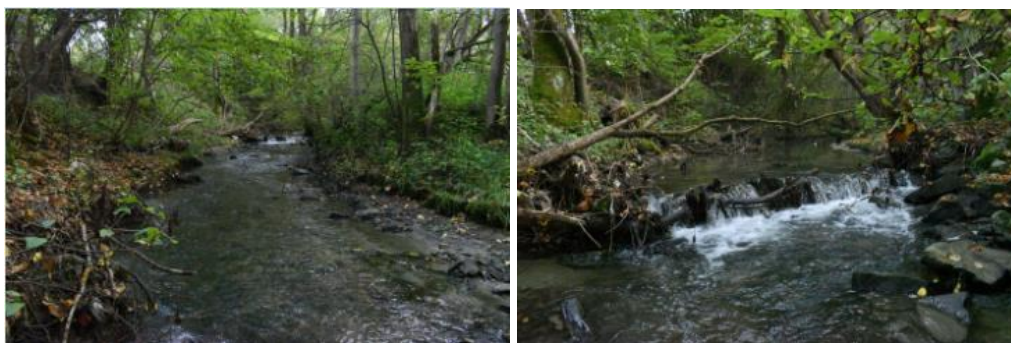
Upravený úsek



3.6.9. Jasenovský potok

Jasenovský potok je tokom IV. rádu a ľavostranným prítokom Oravy. Nachádza sa na území dolnej Oravy v okrese Dolný Kubín a jeho dĺžka je 8,6 km. Prameň sa nachádza v geomorfologickej časti Oravskej vrchoviny v Podchočskej brázde pod sedlom Brestová, v nadmorskej výške približne 765 m n. m, na južnom svahu vrchu Skalka (817,9 m n. m.). Od prameňa tečie prevažne severovýchodným smerom po ceste naberá pravostranné prítoky: Biela voda, Leštinský potok, prítok zo západného svahu Tupej skaly, Medzihradník, prítok z južného svahu Brezovca a ľavostranné prítoky: prítok z oblasti Deniškova, prítok zo severného svahu Hrádku, Murinov potok a prítok z juhovýchodného svahu Kuzmínova. Potok preteká obcami Jasenová, Vyšný Kubín, Medzihradné a v Dolnom Kubíne vteká v nadmorskej výške 465 m n. m do rieky Orava. Tok prekonáva 1 stupeň/hať, jeho priemerná nadmorská výška je 620,95 m n. m., v priemernom pozdĺžnom sklone 3,51% prekonáva prevýšenie 302,28 m a je zaradený do dolného pstruhového pásma (Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky, 2018).

Prirodzený úsek



Upravený úsek



3.6.10. Krivský potok

Krivský potok je tokom IV. rádu a ľavostranným prítokom Oravy. Nachádza sa na území dolnej Oravy v severovýchodnej časti okresu Dolný Kubín a jeho dĺžka je 8,8 km. Prameň sa nachádza v Skorušinských vrchoch v geomorfologickom podcelku Kopec, v nadmorskej výške približne 1 030 m n. m, na severovýchodnom svahu vrchu Blato (1 138,1 m n. m.). Od prameňa tečie prevažne severným smerom a zhruba v polovici sa stáča smerom na severozápad, po ceste naberá početné množstvo malých pravostranných aj ľavostranných prítokov, no najvýznamnejší je ľavostranný prítok Smoleňovský potok. Potok napokon preteká obcou Krivá, kde v nadmorskej výške 538 m n. m ústi do rieky Orava. Tok prekonáva 10 stupňov/hatí, jeho priemerná nadmorská výška je 759,035 m n. m., v priemernom pozdĺžnom sklone 6,77% prekonáva prevýšenie 602,77 m a je zaradený do horného pstruhového pásma (Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky, 2018).

Prirodzený úsek



Upravený úsek



3.6.11. Myjava

Myjava je tokom III. rádu a ľavostranným prítokom rieky Morava. Nachádza sa na území okresov Senica a Myjava a jeho dĺžka je 83,9 km, plocha povodia 806 km² a priemerný prietok $Q = 3,045 \text{ m}^3/\text{s}$. Prameň sa nachádza v Bielych Karpatoch pod Šibeničným vrchom (707,5 m n. m.), pod obcou Nová Lhota a nad obcami Stará Turá a Stará Myjava, v nadmorskej výške okolo 660 m n. m.

Od prameňa tečie najprv prevažne juhozápadným smerom a zhruba v polovici sa stáča smerom na západ, po ceste nabera početné množstvo pravostranných aj ľavostranných prítokov, napája vodné nádrže Stará Myjava a Brestovec. Najvýznamnejšie pravostranné prítoky sú Brestovský potok, Svacenickej jarok, Smíchov a pri Šaštíne sa sprava opätovne pripája Stará Myjava. Najvýznamnejšie ľavostranné prítoky sú Debernický potok, Dankácky potok, Brezovský potok, Hodonský potok, Myjavská Rudava, Hrušovský potok, Kalaštovský potok, Šaštínsky potok a Čársky potok. Na území medzi obcami Myjava a Jablonica tvorí tok osobitne chránenú prírodnú pamiatku Rieka Myjava. Neskôr Myjava podteká železničnú trať Bratislava – Břeclav, diaľnicu D2, štátnu cestu I/2 a križuje dva umelé kanály Kúty-Brodské zo severu a Malolevársky kanál z juhu. Napokon vteká do oblasti lužných lesov, kde od Senice až k ústiu vytvára širokú nivu. V nadmorskej výške cca 152 m n. m. na území obce Kúty ústi do rieky Morava.

Tok prekonáva 24 stupňov/hatí, jeho priemerná nadmorská výška je 284,81 m n. m., v priemernom pozdĺžnom sklone 0,6 % prekonáva prevýšenie 494,7 m a je zaradený do mrenového a dolného pstruhového pásma (Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky, 2018).

Prírodný úsek



Upravený úsek



3.6.12. Rudina

Rudina je tokom V. rádu a pravostranným prítokom rieky Neslušanka, ktorá je tiež pravostranným prítokom Kysuce, ktorá na území mesta Žiliny ústi do Váhu. Nachádza sa v západnej časti okresu Kysucké Nové Mesto a jeho dĺžka je 11,6 km, plocha povodia 21,98 km² (Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky, 2011). Prameň sa nachádza v pohorí Javorníky, v podcelku Vysoké Javorníky, v nadmorskej výške 710 m n. m na južných svahoch Jakubovského vrchu.

Od prameňa tečie prevažne juhovýchodným smerom, preteká riedko zaľudneným kopaničiarskym územím a po ceste naberá početné množstvo malých pravostranných aj ľavostranných prítokov. Najvýznamnejšie pravostranné prítoky sú Štefánikov potok, Čierniková a najdlhší prítok spod Starej lúky. Ľavostranných prítokov je pomenej a sú bezmenné.

Rudinský potok prechádza cez osadu Dobošovci a intravilány obcí Rudinská a Rudina. V obci Rudina, v nadmorskej výške cca 342 m n. m. ústi do rieky Neslušanka.

Tok prekonáva 9 stupňov/hatí, jeho priemerná nadmorská výška je 527,08 m n. m., v priemernom pozdĺžnom sklone 3,19 % prekonáva prevýšenie 369,77 m a je zaradený do dolného pstruhového pásma (Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky, 2018).

Prirodzený úsek



Upravený úsek



3.6.13. Biely potok

Biely potok je tokom V. rádu a pravostranným prítokom rieky Hornád, na území slovenského Národného parku Slovenský raj, v turisticky vyhľadávanej oblasti a Národnej prírodnej rezervácie Prielom Hornádu. Veľká časť Bieleho potoka sa nachádza v Štátnej prírodnej rezervácii Kysel'. Tok sa nachádza v juhozápadnej časti okresu Spišská nová ves a jeho dĺžka je 9,15 km. Prameň sa nachádza na severnom úpätí vrchu Gerava, v nadmorskej výške približne 900 m n. m., južne od Holého kameňa, Červenej skaly a Suchého vrchu.

Od prameňa tečie prevažne severovýchodným smerom územím národného parku. Na hornom toku zvanom Tomášovská Belá naplňa tok účelovú vodnú nádrž Klauzy, ktorá kedysi slúžila na prepravu dreva do Smižian. Pozdĺž toku potok naberá početné množstvo malých pravostranných aj ľavostranných prítokov, ktoré vytvárajú tiesňavy. Z nich sú najvýznamnejšie dva ľavostranné prítoky Sokolí potok a Kysel'.

Biely potok prechádza cez triasové vápence, ktoré vytvárajú kaňonovité úseky a do jeho doliny je peší prístup možný len po turistických chodníkoch z Dediniek a Spišskej Novej Vsi. Na toku sa nenachádza zastavané územie. Napokon, medzi vrchmi Čertova sihoť a Ľudmanka, v nadmorskej výške cca 510 m n. m. ústi Biely potok do rieky Hornád.

Tok prekonáva 8 stupňov/hatí, jeho priemerná nadmorská výška je 701,89 m n. m., v priemernom pozdĺžnom sklone 3,46 % prekonáva prevýšenie 316,77 m a je zaradený do horného pstruhového pásma (Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky, 2018).

Prirodzený úsek



3.6.14. Veľká biela voda

Veľká biela voda je tokom V. rádu a pravostranným prítokom rieky Hornád, na území slovenského Národného parku Slovenský raj. Preteká cez geomorfologické celky Spišsko-gemerský kras, podcelok Slovenský raj a celok Hornádska kotlina, podcelok Vikartovská priekopa. Je považovaný za najvýznamnejší tok v Slovenskom raji, ktorý zachytáva toky významných príľahlých dolín západnej časti parku, ako sú Suchá Belá, Piecky, či Veľký Sokol. Tok sa nachádza v južnej časti okresu Poprad a západnej časti okresu Spišská nová ves a jeho dĺžka je 13,1 km. Prameň sa nachádza v Slovenskom raji na severozápadných svahoch vrchu Kopanec (1 132,0 m n. m.), v nadmorskej výške približne 800 m n. m a juhovýchodne od obce Vernár.

Od prameňa tečie prevažne severovýchodným smerom územím národného parku a preteká cez osady Píla a Podlesok, odkiaľ tečie východným smerom. Pozdĺž toku naberá početné množstvo malých prítokov. Z nich sú najvýznamnejšie pravostranné prítoky Štvrtocký potok, Sokol, Pilianka, Suchá Belá a jeden ľavostranný prítok z Čiernej doliny.

Napokon Veľká biela voda ústi do Hornádu na začiatku Národnej prírodnej rezervácie Prielom Hornádu, pod obcou Hrabušice, medzi vrchmi Ľudmanka a Čertova sihoľ, v nadmorskej výške cca 540 m n. m..

Tok prekonáva 15 stupňov/hatí, jeho priemerná nadmorská výška je 719,27 m n. m., v priemernom pozdĺžnom sklone 3,91 % prekonáva prevýšenie 500,48 m a je zaradený do horného a dolného pstruhového pásma (Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky, 2018).

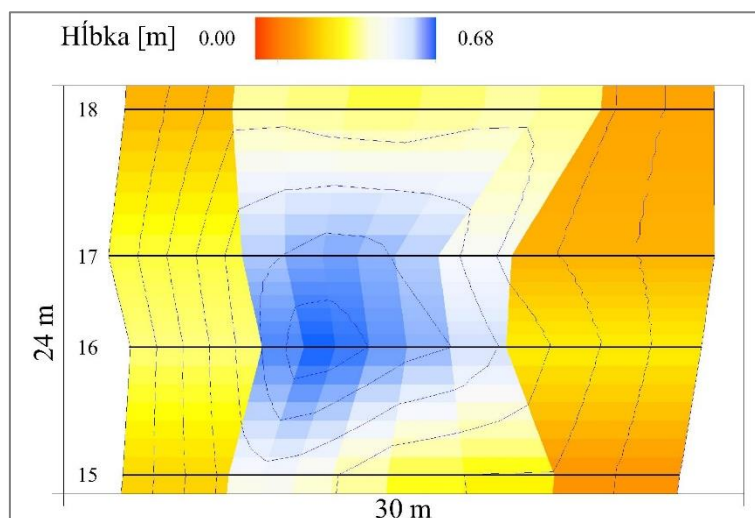
Prirodzený úsek



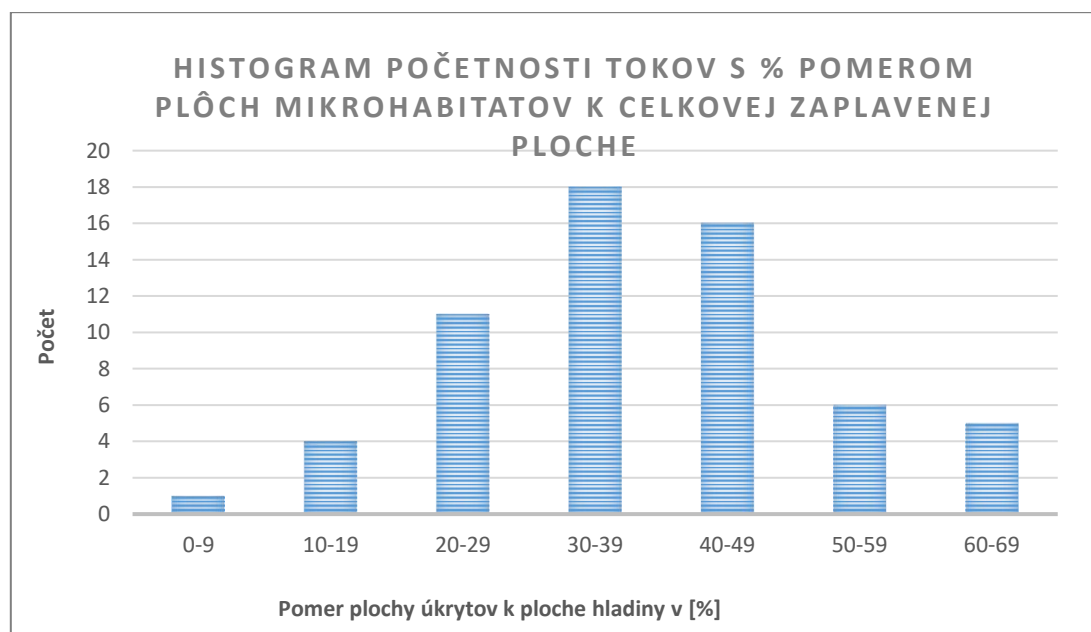
4. Výsledky

4.1. Hodnotenie kvality habitatu

Pre hodnotenie kvality akvatického habitatu je rozhodujúca charakteristika a rozmiestnenie úkrytov ako aj ich počet. Toto konštatovanie vyplýva aj z meraní uskutočnených na referenčnom úseku Drietomice (Macura et al. 2016). V úseku o dĺžke 240 m bolo identifikovaných 19 úkrytov, pri minimálnom prietoku $Q = 0,03 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ bola celková zaplavená plocha úseku $268,3 \text{ m}^2$ a z toho plocha úkrytov $86,21 \text{ m}^2$ (32%), plochu hladiny mimo úkrytov sme pomenovali voľná hladina. Z ichtyologického prieskumu, ktorý bol realizovaný pri dvoch rôznych prietokoch $Q = 0,55 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a $1,48 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ vyplýva, že 93% jedincov pstruha potočného bolo odchytených v úkrytových priestoroch, (podrobnejšie Macura et al. 2016). Priestorová charakteristika jedného úkrytu je znázornená na Obr. 3.



Obr. 3 Priestorová charakteristika úkrytu na toku Drietomica



Obr. 4 Histogram početnosti úsekov s % pomerom plôch mikrohabitatov k celkovej zaplavenej ploche

Je logický predpoklad, že v období malých prietokov pstruh preferuje úkryty a zvyšná časť toku je využívaná na migráciu. Preto je účelné vyhodnocovať kvalitu úkrytov. Voľnú hladinu stačí posúdiť iba z pohľadu možnosti migrácie (či je ryba schopná migrovať cez priestor voľnej hladiny). Z vyhodnotenia 58 úsekov tokov uvedených v Tab. 1 vyplýva, že priemerná plocha úkrytov je 36,31% z celkovej hladiny. Histogram početnosti úsekov podľa % plochy úkrytov k celkovej zaplavenej ploche je na Obr. 4 Obr. 2. Referenčné úseky na piatich tokoch s nízkymi percentami plôch úkrytov majú prevažne charakter brodového úseku.

Dalšia analýza bola orientovaná na charakteristiky vyplývajúce z hĺbky toku. Konkrétne bola určená korelácia medzi parametrom hĺbky - P_h s priemernými hĺbkami toku - h_p , a s priemernými maximálnymi hĺbkami toku - $h_{p,max}$ a s maximálnymi hĺbkami - h_{max} (P_h je hĺbka vody, pri ktorej sa vyskytuje najväčší počet rýb daného druhu, respektíve oblasť vo vrchole vhodnostnej krivky). Pre vyhodnotenie korelačného vzťahu bol použitý Pearsonov korelačný koeficient (R).

Výsledky korelačných analýz vrátane P-hodnôt (P) sú uvedené v Tab. 2. Podiel spoločnej variability medzi dvoma premennými v tabuľke znázorňujú hodnoty druhej mocniny korelačného koeficientu, nazývané aj koeficientom determinácie (R^2). Z výsledkov vyplýva, že významná je korelácia parametra hĺbky s priemernou hĺbkou v profile ($R = 0,63$), s priemernou maximálnou hĺbkou ($R = 0,66$), a aj s maximálnou hĺbkou v úseku ($R = 0,52$). Všetky korelácie sú štatisticky vysoko významné s P-hodnotou menšou ako 1 % ($P < 0,01$), okrem korelácie maximálnej hĺbky a rozptylu vhodnostnej krivky, kde P-hodnota je 0,018 ($P < 0,05$), čo možno charakterizovať ako významný vzťah. Z výsledkov v Tab. 2 vyplýva, že najvyššia korelácia je medzi parametrom hĺbky a priemernou maximálnou hĺbkou.

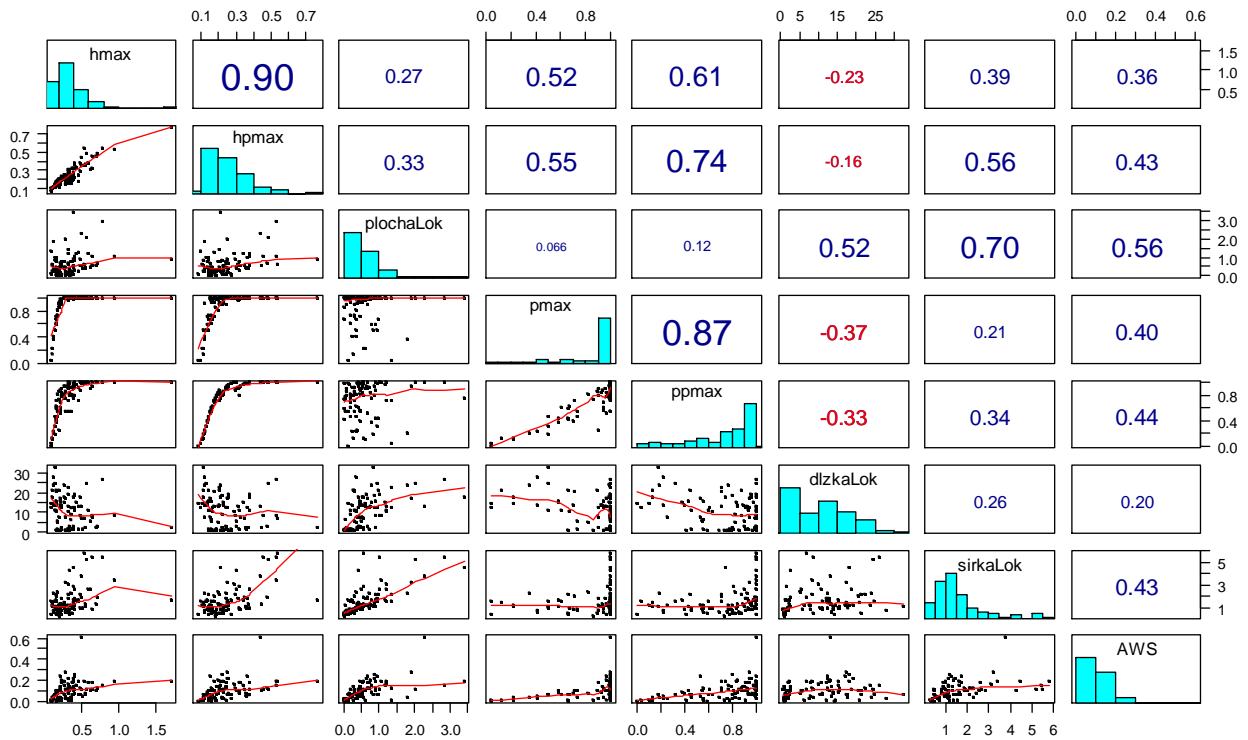
Tab. 2 Charakteristika korelácie medzi P_h a hĺbkami toku (Macura et al. 2012)

X	Y	štandardná odchýlka	R	R^2	t	P
h_p	vrchol VK	0,106	0,626	0,392	4,682	0,000044
$h_{p,max}$	vrchol VK	0,111	0,661	0,437	5,141	0,000011
h_{max}	vrchol VK	0,111	0,516	0,266	3,615	0,000912
h_p	Rozptyl VK a=75%	0,117	0,523	0,274	3,732	0,000636
$h_{p,max}$	rozptyl VK a=75%	0,121	0,411	0,169	2,816	0,007585
h_{max}	rozptyl VK a=75%	0,121	0,368	0,135	2,471	0,017942

4.2. Korelačná a regresná analýza parametrov kvality akvatického habitatu

Cieľom bolo zistiť vzájomný vzťah biotických, morfológických a hydraulických charakteristík. Na naplnenie cieľa bol tento vzťah štatisticky vyhodnotený na 58 prirodzených úsekoch horských tokov Slovenska (Tab. 1, Obr. 2) a následne bol overený na ďalších 19 prirodzených úsekoch a 15 upravených úsekoch horských tokov (kapitola 3.6).

Z korelačnej matice (Obr. 5) vyplýva vzťah charakteristík toku a kvality akvatického habitatu, ktorá je reprezentovaná plochou váženej využiteľnosti = area weighted suitability (AWS). Obr. 5 čítame nasledovne: napravo od diagonály sú hodnoty Pearsonovho korelačného súčiniteľa. Modrým písmom je vyznačená priama a červeným nepriama korelačná závislosť. Pre rýchlu orientáciu je veľkosť korelácie vyjadrená aj veľkosťou písma. Naľavo od diagonály sú informatívne uvedené bodové grafy (scatter graph) spolu s nelineárnou krivkou ich závislosti.



Obr. 5 Korelácia medzi vlastnosťami mikrohabitatov a priemernou hodnotou AWS.

Pri hľadaní optimálneho regresného vzťahu bola použitá tzv. interakcia premenných, avšak iba pri lineárnej metóde, nakoľko použitý nelineárny model už v sebe interakcie zahŕňa. Interakcie, čiže spolupôsobenie (najviac dvoch) premenných sa vyjadrovali ich súčinom.

Ako lineárna metóda bola použitá regulovaná regresia pomocou Least Absolute Selection And Shrinkage Operator (LASSO).

Ako nelineárna metóda bol použitý model CatBoost, čo je metóda strojového učenia založená na postupnom zvyšovaní jeho presnosti (gradient boosting), ktorý operuje pomocou regresných stromov. Boostovanie je ensembleová metóda, pri ktorej sa vyhodnotí presnosť modelu v predchádzajúcom štádiu a potom sa vyvinie ďalší model, ktorý sa sústreďuje hlavne na v predchádzajúcom modeli nesprávne vypočítané údaje. Takéto „zosilňovanie“ pokračuje, kým sa nedosiahne požadovaná úroveň presnosti. V tejto práci bol použitý balík pre softvér R Catboost (Dorogush, Ershov, Gulin, 2017).

Pre potrebu regresnej analýzy boli všetky údaje rozdelené na kalibračné, ktoré slúžili na vytvorenie regresného modelu a na testovacie, pomocou ktorých sa tento model overoval. Všetky výsledky, ktoré sú ďalej uvádzané, sú výsledkami z testovacieho súboru.

Tab. 3 Ukazovatele presnosti pre lineárnu a nelineárnu regresnú metódu

ukazovateľ	skratka	LASSO	CatBoost
priemerná odchýlka	ME	0.009	0.004
stredná absolútna odchýlka	MAE	0.027	0.023
stredná kvadratická odchýlka	MSE	0.001	0.001
odmocnina z priemernej kvadratickej odchýlky	RMSE	0.034	0.027
normalizované RMSE	NRMSE %	64.2	50.9
priemerná percentuálna odchýlka	PBIAS %	9.8	4.5
korelačný koeficient	r	0.796	0.866
koeficient determinácie	R ²	0.633	0.75

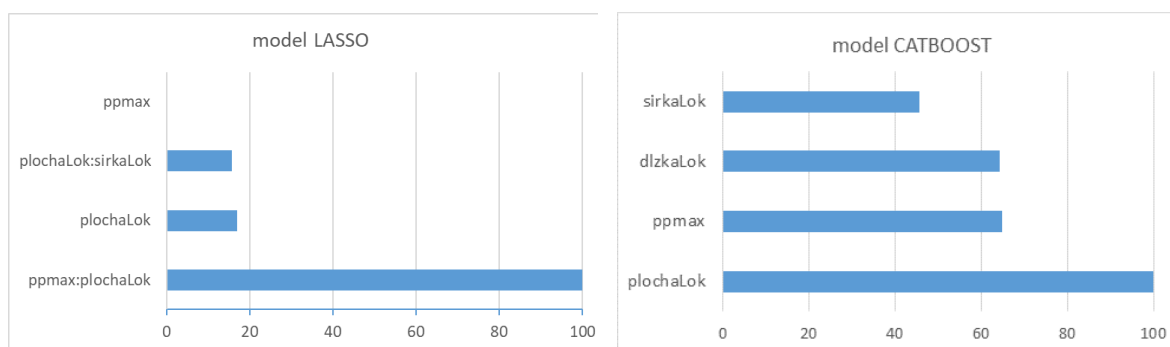
V Tab. 3 sú ukazovatele presnosti pre oba výpočty. Ich význam je známy, PBIAS je priemerná percentuálna odchýlka vypočítaných údajov, ktorá je spolu s korelačným koeficientom (r) najvýznamnejším ukazovateľom. Väčší koeficient korelácie a menší PBIAS ukazujú, že lepšie hodnoty AWS získané regresiou poskytuje model CATBOOST. Lineárny model je menej presný, ale jednoduchšie vyjadriteľný pomocou nasledujúcej rovnice:

$$AWS = 0.000627 * p_{p,max} + 0.040032 * S_{Lok} - 0.037282 * S_{Lok} * \check{s}_{Lok} + 0.234242 * p_{p,max} * S_{Lok} + 0.021169 \quad (\text{Rovnica 2})$$

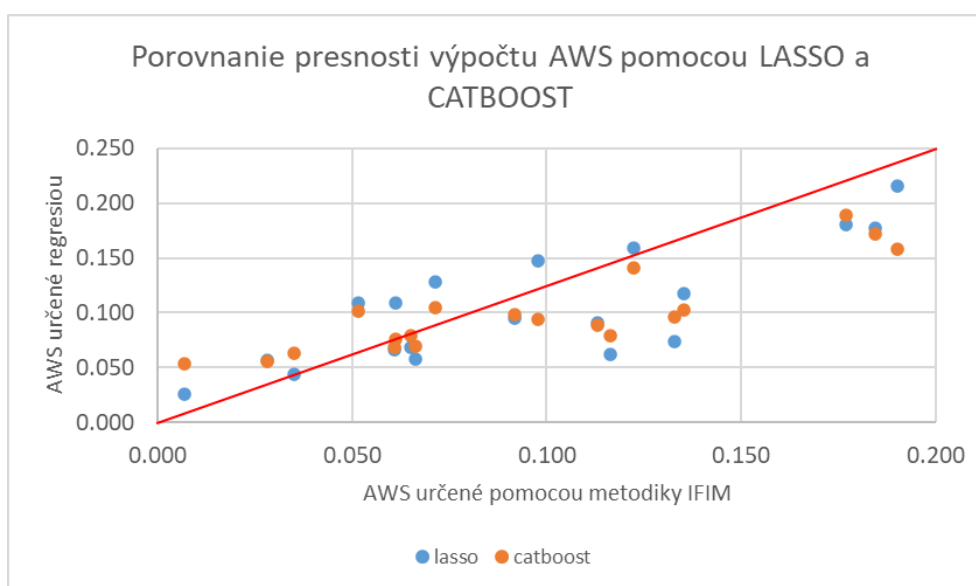
Kde: S_{Lok} - plocha lokality so zohľadnením počtu úkrytov [m^2] podľa rovnice:

$$S_{Lok} = \frac{d_{Lok} * \check{s}_{Lok} * n_{100m}}{100} \quad (\text{Rovnica 3})$$

Relatívnu dôležitosť premenných v týchto dvoch modeloch môžeme vyjadriť grafmi na Obr. 6, pričom presnosť modelu môžeme ešte zobraziť pomocou ďalšieho grafu na Obr. 7 – model je tým presnejší, čím sú body bližšie k osi prvého kvadrantu (k červenej čiare).



Obr. 6 Relatívna dôležitosť premenných v modeloch LASSO a CatBoost.



Obr. 7 Porovnanie presnosti výpočtu AWS pomocou metód LASSO a CatBoost

5. Záver

Výsledkom výskumu bolo vytvorenie metodiky na stanovenie miery ovplyvnenia horských a podhorských tokov. Mieru ovplyvnenia reprezentuje AWS, ktorá sa určí z regresnej rovnice. Metodika vychádza iba zo základných morfológických charakteristík merateľných v rámci terénneho prieskumu jednoduchým vybavením (pásmo, ciachovaná tyč na meranie hĺbky toku). Takýto postup je výrazne jednoduchší ako určenie AWS modelom SEFA. Model SEFA vyžaduje geodetické zameranie topografie koryta pre hydraulické modelovanie. Biotické parametre sú stanovené z ichtyologického prieskumu. Získanie týchto údajov je náročné a spolu s modelovaním v programe SEFA je postup príliš náročný pre praktické použitie. Metodika regresnej rovnice (Rovnica 2) je podstatne jednoduchšia a v praxi ľahko použiteľná. Zo štatistického testovania rovnice vyplýva, že metóda poskytuje podobné výsledky ako SEFA.

5.1. Postup určenia kvality akvatického habitatu pomocou regresnej rovnice.

Pri hodnotení kvality akvatického habitatu s využitím regresnej rovnice (Rovnica 2) možno postupovať nasledovne: K posudzovanému ovplyvnenému (upravenému) úseku toku je potrebné vždy určiť – vyhládať neovplyvnený (prirodzený) úsek. Následne pomocou regresnej rovnice určíme hodnotu AWS pre oba úseky. Rovnica obsahuje iba geometrické rozmery ako šírka, dĺžka, hĺbka lokality (mikrohabitatu), ktoré je možné jednoducho určiť priamo v teréne dĺžkovými meradlami – pásmo, diaľkomer, ciachovaná tyč. Pri terénnom prieskume zameriame všetky mikrohabitaty v úseku s väčšími hĺbkami, to znamená lokality úseku v oblasti s priaznivým mikrohabitatom. Pri spracovávaní údajov vyselektujeme hĺbky toku, ktoré majú vyššiu mieru vhodnosti ako 0,4 a ďalej pracujeme len s týmito hĺbkami. Hĺbku s mierou vhodnosti nad 0,4 určíme z vhodnostnej krivky (napríklad v prípade toku, ktorého priemerná hĺbka pri prietoku Q_{364} je 41 – 50 cm – sivá bodkočiarkovaná krivka na Obr. 1, miere vhodnosti 0,4 na vertikálnej osi zodpovedá hĺbka toku 22cm). Všetky mikrohabitaty s nižšími hĺbkami teda vylúčime z ďalšej analýzy.

Z výsledkov terénnych meraní, kde boli porovnané hodnoty AWS pre prirodzený a upravený úsek vyplýva, že ak je rozdiel medzi AWS v prirodzenom a upravenom úseku väčší ako 65%, úsek je výrazne modifikovaný, ak je rozdiel väčší ako 30 %, úsek je ovplyvnený a ak je rozdiel menší, jedná sa o úsek adaptovaný na zmenené podmienky. Výsledky sú delené do troch skupín, pričom podrobnejšie delenie (napríklad podľa Rámcovej smernice o vode je to 5 stupňov) je v prípade horských tokov nepoužiteľné. Rozdiely medzi jednotlivými stupňami by boli v oblasti mm až niekoľko cm, čo by znamenalo, že rozdelenie by bolo formálne, bez reálneho dopadu na revitalizačné opatrenia.

6. Zloženie riešiteľského kolektívu

Na riešení projektu APVV-16-0253 sa zúčastnili nasledujúci riešitelia:

Prof. RNDr. Vladimír Kováč, CSc., Prof. Ing. Milan Čistý, PhD., Prof. Ing. Viliam Macura, PhD., Ing. Andrej Škrinár, PhD., RNDr. Jarmila Makovinská, CSc., RNDr. Emília Mišíková-Elexová, PhD., Mgr. Barbora Števo, PhD., Mgr. Kristína Slovák Švolíková, PhD., Mgr. Daniel Gruľa, PhD., Mgr. Kristína Žitňanová (Hôrková), PhD., Ing. Soňa Ščerbáková, PhD., Ing. Miroslav Očadlík, PhD., Ing. Elena Rajczyk, PhD., Ing. Martina Majorošová, Mgr. Zuzana Vráblová, Mgr. Katarína Jakubčinová, PhD., Ing. František Cyprich, Ing. Gréta Doláková, Mgr. Pavlína Mosná, Edita Kohýlová

7. Literatúra

- BOETS, Pieter, Sacha GOBEYN, Alain DILLEN, Eddy POELMAN a Peter L. M. GOETHALS, 2018. Assessing the suitable habitat for reintroduction of brown trout (*Salmo trutta forma fario*) in a lowland river: A modeling approach. *Ecology and Evolution* [online]. 2018, roč. 8, č. 10, s. 5191–5205 [cit. 20. február 2019]. ISSN 20457758. Dostupné na: doi:10.1002/ece3.4022
- BOVEE, K. a R. MILHOUS, 1978. Hydraulic simulation in instream flow studies: theory and techniques. Instream F. B.m.: United States Fish and Wildlife Service. ISBN FWS/OBS-78/33.
- BOVEE, K, 1982. A guide to stream habitat analysis using the Instream Flow Incremental Methodology. Instream F. B.m.: United States Fish and Wildlife Service. ISBN FWS/OBS- 82/26.
- CAPRA, Hervé, Laura PLICHARD, Julien BERGÉ, Hervé PELLA, Michaël OVIDIO, Eric MCNEIL a Nicolas LAMOUREUX, 2017. Fish habitat selection in a large hydropeaking river: Strong individual and temporal variations revealed by telemetry. *Science of The Total Environment* [online]. 2017, roč. 578, s. 109–120 [cit. 20. február 2019]. ISSN 00489697. Dostupné na: doi:10.1016/j.scitotenv.2016.10.155
- CARLSON, Andrew K., William W. TAYLOR, Kelsey M. SCHLEE, Troy G. ZORN a Dana M. INFANTE, 2017. Projected impacts of climate change on stream salmonids with implications for resilience-based management. *Ecology of Freshwater Fish* [online]. 2017, roč. 26, č. 2, s. 190–204 [cit. 23. máj 2019]. ISSN 09066691. Dostupné na: doi:10.1111/eff.12267
- CARNIE, R., D. TONINA, J.A. MCKEAN a D. ISAAK, 2016. Habitat connectivity as a metric for aquatic microhabitat quality: application to Chinook salmon spawning habitat. *Ecohydrology* [online]. 2016, roč. 9, č. 6, s. 982–994. Dostupné na: doi:10.1002/eco.1696
- DOROGUSH, A.V., ERSHOV, V., GULIN, A. (2017). "CatBoost: gradient boosting with categorical features support". Workshop on ML Systems at NIPS 2017
- EUROPEAN COMMISSION, 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council. Official Journal of the European Communities [online]. 2000, č. September 1996. Dostupné na: <http://ec.europa.eu/environment/water/water-nitrates/directiv.html>
- GALBRAITH, H. S., C. J. BLAKESLEE, J. C. COLEA, C. A. TALBERT a K. O. MALONEY, 2016. Evaluating Methods to Establish Habitat Suitability Criteria: A Case Study in The Upper Delaware River Basin, USA. *River Research and Applications*. 2016, roč. 32. ISSN 2008756X.
- HAWKINS, Charles P., Jeffrey L. KERSHNER, Peter A. BISSON, Mason D. BRYANT, Lynn M. DECKER, Stanley V. GREGORY, Dale A. MCCULLOUGH, C. K. OVERTON, Gordon H. REEVES, Robert J. STEEDMAN a Michael K. YOUNG, 1993. A Hierarchical Approach to Classifying Stream Habitat Features. *Fisheries* [online]. 1993, roč. 18, č. 6, s. 3–12 [cit. 28. máj 2019]. ISSN 0363-2415. Dostupné na: doi:10.1577/1548-8446(1993)018<0003:AHATCS>2.0.CO;2
- HERSCHY, Reginald W., 2008. Streamflow measurement: Third edition [online]. B.m.: CRC Press [cit. 11. júl 2021]. ISBN 0415413427. Dostupné na: doi:10.1201/9781482265880
- IVAN, P., 2015. Evaluation of quality of aquatic habitat on the Nitrica river. *Acta Scientiarum Polonorum Formatio Circumiectus* [online]. 2015, roč. 14, č. 2, s. 93–101 [cit. 18. február 2019]. ISSN 16440765. Dostupné na: doi:10.15576/ASP.FC/2015.14.2.93
- LAMBERT, Thomas R. a David F. HANSON, 1989. Development of habitat suitability criteria for trout in small streams. *Regulated Rivers: Research & Management* [online]. 1989, roč. 3, č. 1, s. 291–303 [cit. 11. júl 2021]. ISSN 10991646. Dostupné na: doi:10.1002/rrr.3450030128
- LAMOUREUX, Nicolas, Hervé CAPRA, Marc POUILLY a Yves SOUCHON, 1999. Fish habitat preferences in large streams of southern France. *Freshwater Biology* [online]. 1999, roč. 42, č. 4, s. 673–687 [cit. 11. júl 2021]. ISSN 00465070. Dostupné na: doi:10.1046/j.1365-2427.1999.00521.x
- MACURA, V., A. ŠKRINÁR, K. KALUZ, M. JALČOVÍKOVÁ a M. ŠKROVINOVÁ, 2012. Influence Of The Morphological And Hydraulic Characteristics Of Mountain Streams On Fish Habitat Suitability Curves. *River Research and Applications* [online]. 2012, roč. 28, č. 8, s. 1161–1178 [cit. 23. máj 2019]. ISSN 15351459. Dostupné na: doi:10.1002/rra.1518

- MACURA, V., Z. ŠTEFUNKOVÁ a A. ŠKRINÁR, 2016. Determination of the effect of water depth and flow velocity on the quality of an in-stream habitat in terms of climate change. *Advances in Meteorology* [online]. 2016, roč. 2016, s. 1DUMMY. ISSN 16879317. Dostupné na: doi:10.1155/2016/4560378
- MACURA, Viliam a Peter HALAJ, 2013. Úpravy a revitalizácie vodných tokov [online]. Bratislava: Slovenská technická univerzita v Bratislave. ISBN 978-80-227-3925-2. Dostupné na: doi:85-225-2013
- MACURA, Viliam, Zuzana S. ŠTEFUNKOVÁ, Martina MAJOROŠOVÁ, Peter HALAJ a Andrej ŠKRINÁR, 2018. Influence of discharge on fish habitat suitability curves in mountain watercourses in IFIM methodology. *Journal of Hydrology and Hydromechanics* [online]. 2018, roč. 66, č. 1, s. 12–22. ISSN 13384333. Dostupné na: doi:10.1515/johh-2017-0044
- MUÑOZ-MAS, R., Ch. PAPADAKI, F. MARTÍNEZ-CAPEL, S. ZOGARIS, L. NTOANIDIS a E. DIMITRIOU, 2016. Generalized additive and fuzzy models in environmental flow assessment: A comparison employing the West Balkan trout (*Salmo farioides*; Karaman, 1938). *Ecological Engineering* [online]. 2016, roč. 91, s. 365–377 [cit. 20. február 2019]. ISSN 09258574. Dostupné na: doi:10.1016/j.ecoleng.2016.03.009
- PAREDES-ARQUIOLA, J., F. MARTINEZ-CAPEL, A. SOLERA a V. AGUILELLA, 2013. Implementing environmental flows in complex water resources systems e case study: the Duero river basin, Spain. *River Research and Applications* [online]. 2013, roč. 29, č. 4, s. 451–468 [cit. 20. máj 2019]. ISSN 15351459. Dostupné na: doi:10.1002/rra.1617
- PAYNE, Thomas R. a Ian G. JOWETT, 2013. SEFA - Computer Software System for Environmental Flow Analysis Based on the Instream Flow Incremental Methodology [online]. 2013 [cit. 19. február 2019]. Dostupné na: <https://smartech.gatech.edu/handle/1853/48507>
- SCHOLTEN, Matthias, 2003. Efficiency of point abundance sampling by electro-fishing modified for short fishes. *Journal of Applied Ichthyology* [online]. 2003, roč. 19, č. 5, s. 265–277 [cit. 11. júl 2021]. ISSN 01758659. Dostupné na: doi:10.1046/j.1439-0426.2003.00505.x
- ŠKRINÁR, Andrej, 2011. Vplyv abiotických faktorov na hydrobiológiu toku. B.m.: Slovenská technická univerzita v Bratislave. ISBN 978-80-227-3516-2.
- STANKOCI, Ivan, Jana JARIABKOVÁ a Viliam MACURA, 2014. Evaluation of the Quality of an Aquatic Habitat on the Drietomica River. *Slovak Journal of Civil Engineering* [online]. 2014, roč. 22, č. 1, s. 43–48 [cit. 18. február 2019]. ISSN 1338-3973. Dostupné na: doi:10.2478/sjce-2014-0006
- ŠTEFUNKOVÁ, Z., I. BELČÁKOVÁ, M. MAJOROŠOVÁ, A. ŠKRINÁR, B. VASEKOVÁ, M. NERUDA a V. MACURA, 2018. The Impact of The Morphology of Mountain Watercourses on The Habitat Preferences Indicated by Ichthyofauna Using the IFIM Methodology. *Applied Ecology and Environmental Research* [online]. 2018, roč. 16, č. 5, s. 5893–5907 [cit. 19. február 2019]. ISSN 15891623. Dostupné na: doi:10.15666/aeer/1605_58935907
- ŠTEFUNKOVÁ, Zuzana, Viliam MACURA, Andrej ŠKRINÁR, Peter IVAN, Milan ČISTÝ, Martina MAJOROŠOVÁ a Viktória TYUKOSOVÁ, 2021. Relationship between Morphological Characteristics and Quality of Aquatic Habitat in Mountain Streams of Slovakia. *Water* 2021, Vol. 13, Page 142 [online]. 2021, roč. 13, č. 2, s. 142 [cit. 11. júl 2021]. Dostupné na: doi:10.3390/W13020142
- ŠTEFUNKOVÁ, Zuzana, Viliam MACURA, Andrej ŠKRINÁR, Martina MAJOROŠOVÁ, Gréta DOLÁKOVÁ, Peter HALAJ a Timea PETROVÁ, 2020. Evaluation of the Methodology to Assess the Influence of Hydraulic Characteristics on Habitat Quality. *Water* 2020, Vol. 12, Page 1131 [online]. 2020, roč. 12, č. 4, s. 1131 [cit. 11. júl 2021]. Dostupné na: doi:10.3390/W12041131
- ŠTEFUNKOVÁ, Zuzana, Andrej ŠKRINÁR, Ingrid BELČÁKOVÁ, Peter HALAJ a Peter IVAN, 2016. Determination of the Qualitative Features of Watercourses for Restoration in the Urban Environment. *Procedia Engineering* [online]. 2016, roč. 161, s. 23–29 [cit. 23. máj 2019]. ISSN 18777058. Dostupné na: doi:10.1016/j.proeng.2016.08.492
- THARME, R. E., 2003. A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. *River Research and Applications* [online]. 2003, roč. 19, č. 5–6, s. 397–441 [cit. 23. máj 2019]. ISSN 1535-1459. Dostupné na: doi:10.1002/rra.736

- THOMAS, Jeff A. a Ken D. BOVEE, 1993. Application and testing of a procedure to evaluate transferability of habitat suitability criteria. *Regulated Rivers: Research & Management* [online]. 1993, roč. 8, č. 3, s. 285–294 [cit. 23. máj 2019]. ISSN 08869375. Dostupné na: doi:10.1002/rrr.3450080307
- VIGANÒ, G., G. CONFORTOLA, R. FORNAROLI, R. CABRINI, S. CANOBBIO, V. MEZZANOTTE a D. BOCCHIOLA, 2016. Effects of Future Climate Change on a River Habitat in an Italian Alpine Catchment. *Journal of Hydrologic Engineering* [online]. 2016, roč. 21, č. 2, s. 04015063 [cit. 19. február 2019]. ISSN 1084-0699. Dostupné na: doi:10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001293