



Implementácia Rámцovej smernice o vode



3.4.PPS_KVANTITA_POVRCHOVÉ VODY

NEDOSTATOK VODY A HYDROLOGICKÉ SUCHO

V Bratislave, November 2010

Gestor: Ing. Renáta Magulová, sekcia vôd, odbor vodnej politiky, MŽP SR

Vedúci PPS: RNDR. Peter Škoda

Zástupca vedúceho: Ing. Václav Fekete, VÚVH; RNDR. Jana Podolinská, SHMÚ

Členovia PPS:

SHMÚ: Ing. Jana Poórová, Phd., Mgr. Beáta Demeterová, Phd., Ing. Zuzana Danáčová, RNDR. Zuzana Paľušová, Ing. Ľubica Lovásová, Mgr. Jozef Pecho

VÚVH: Ing. Martina Majerová

SVP, š.p.: Ing. Ľubomír Martinovič

ÚH SAV: RNDr. Pavla Pekárová, DrSc.

Prizývaní experti: RNDR. Helena Šipikalová, RNDR. Oľga Majerčáková, CsC., Ing. Emília Kuníková, Ing. Dušan Abaffy, CsC., RNDR. Jarmila Makovinská, CsC., RNDr. Lívia Tóthová, Phd., Eugen Kullman, Phd.

IMPLEMENTÁCIA RÁMCOVEJ SMERNICE

Kvantita povrchových vôd

Nedostatok vody a hydrologické sucho



BRATISLAVA, 2010

SLOVENSKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV BRATISLAVA

IMPLEMENTÁCIA RÁMCOVEJ SMERNICE

Kvantita povrchových vôd

Nedostatok vody a hydrologické sucho

Generálny riaditeľ SHMÚ

Riaditeľka DHS

Zodpovedný riešiteľ:

Zástupca zodpovedného riešiteľa:

Riešitelia:

Spolupracovníci:

RNDr. Vladimír Rak

Ing. Jana Poórová, PhD.

RNDr. Peter Škoda

Mgr. Beata Demeterová, PhD.

RNDr. Jana Podolinská

Ing. Renata Magulová

Ing. Viera Gápelová

Ing. Beata Sičová

Mária Rischaneková

Mária Fabišíková

Ing. Ľubica Lovásová



1.	ÚVOD	6
2.	CIELE	11
2.1.	NEPRIETOKOVÉ CHARAKTERISTIKY MALEJ VODNOSTI	11
2.2.	PRIETOKOVÉ CHARAKTERISTIKY MALEJ VODNOSTI	11
2.3.	HODNOTENIE SLOVENSKA NA ZÁKLADE ZÍSKANÝCH ÚDAJOV	12
2.4.	PREHLAD PRÍSTUPOV K URČENIU HYDROEKOLOGICKÝCH LIMITOV	12
3.	DEFINÍCIE TERMÍNOV	12
4.	PODKLADOVÉ ÚDAJE	14
4.1.	NEPRIETOKOVÉ CHARAKTERISTIKY	14
4.2.	PRIETOKOVÉ CHARAKTERISTIKY	14
5.	DATABÁZOVÉ PROSTRIEDKY	14
6.	NEPRIETOKOVÉ CHARAKTERISTIKY MALEJ VODNOSTI	15
6.1.	METODIKA SPRACOVANIA	17
6.1.1.	<i>Výpočet neprietokových charakteristík</i>	17
6.1.2.	<i>Najvýznamnejšie obdobie malej vodnosti počas obdobia pozorovania</i>	23
6.1.3.	<i>Odhad malej vodnosti s malou pravdepodobnosťou výskytu</i>	23
6.2.	ZHODNOTENIE VÝSLEDKOV V POVODIACH	26
6.3.	KORELAČNÉ VZŤAHY MEDZI NAJDLHŠÍM TRVANÍM MALEJ VODNOSTI A VLASTNOSŤAMI POVODIA	66
6.4.	TRENDY TRVANIA MALEJ VODNOSTI	70
7.	PRIETOKOVÉ CHARAKTERISTIKY	72
7.1.	ŠTATISTICKÉ CHARAKTERISTIKY- ZÁKLADNÉ	72
7.2.	NEDOSTÚPENIE PRIEMERNÝCH MESAČNÝCH PRIETOKOV JEDNOTLIVÝCH MESAČOV	75
7.3.	7- DŇOVÉ MINIMÁLNE PRIETOKY	78
7.4.	M - DENNÉ PRIETOKY	79
7.5.	VÝSKYT SUCHA	80
7.6.	VÝVOJ MALEJ VODNOSTI	80
7.7.	VÝSLEDKY	80
7.7.1.	<i>Zhodnotenie výskytu sucha</i>	80
7.7.2.	<i>Vývoj charakteristík malej vodnosti</i>	92
7.7.3.	<i>$Q_{min99\%}$</i>	97
8.	HYDROEKOLOGICKÉ LIMITY (HYDROEKOLOGICKÉ PRIETOKY, MINIMÁLNY ZOSTATKOVÝ PRIETOK, ENVIRONMENTAL FLOW)	98
8.1.	METÓDY PRE STANOVENIE MINIMÁLNYCH ZOSTATKOVÝCH PRIETOKOV.	99

8.2.	PREHLAD METÓD URČOVANIA EF – MZP V NEMECKY HOVORIACEJ ČASTI ALPSKEJ OBLASTI (CITOVANÉ ZO SZOLGAY, J., MACURA, V., A KOL., (2002).	102
8.2.1.	<i>Vzťahy pre určovanie minimálnych zaručených prietokov založené na hydrologických charakteristikách (citované z OEWWV (1990) a z Mader (1992) a doplnené)</i>	103
8.2.2.	<i>Metódy pre určovanie minimálnych zaručených prietokov založené na hydraulických charakteristikách</i>	106
8.2.3.	<i>Metódy založené na kombinácii hydrologických a morfológických charakteristík...</i>	107
8.2.4.	<i>Metódy založené na multikriteriálnom rozhodovaní pri zohľadnení ekologických parametrov</i>	108
8.2.5.	<i>Nové priority v právnych predpisoch alpských krajín ovplyvňujúce prístupy k určovaniu minimálnych zaručených prietokov</i>	111
8.3.	ODRAZ LEGISLATÍVNYCH ZMIEN V METÓDACH EF (MZP).	117
8.4.	NIEKTORÉ METÓDY URČOVANIA MZP VO VEĽKEJ BRITÁNII A V USA.....	122
8.4.1.	<i>Nástroj na predbežné určovanie ekologického prietoku v nameraných profiloch vo Veľkej Británii - Systém Low Flows 2000</i>	122
8.4.2.	<i>Postup pre hospodárenie s vodou v povodí využitím hodnoty minimálneho prietoku a minimálnej hĺbky vody v toku podľa - St. Johns River Water Management District</i>	123
8.4.3.	<i>Postup pre hospodárenie s vodou v povodí využitím hodnoty minimálneho prietoku a minimálnej hĺbky vody v toku podľa - Southwest Florida Water Management District</i>	124
8.4.4.	<i>Posúdenie možných prístupov pre odbery vody v malých povodiach</i>	124
8.5.	PREHLAD ĎALŠÍCH METÓD URČOVANIA EF (EFA – ENVIRONMENTAL FLOW ASSESSMENT) PO ROKU 2002.	125
8.5.1.	<i>Prehľad použitých metód v 44 krajinách</i>	130
8.5.2.	<i>Súčasný trendy</i>	144
9.	REGIONALIZÁCIA MALEJ VODNOSTI	146
10.	ZÁVERY	147
11.	ODPORÚČANIA	156
12.	LITERATÚRA	157

1. Úvod

Predkladaná práca sa venuje malej vodnosti – dolnému extrémnemu hydrologickému režimu povrchových tokov. Riešia sa neprietokové charakteristiky malej vodnosti, prietokové charakteristiky malej vodnosti, metódy určovania minimálneho zostatkového prietoku, regionalizácii malej vodnosti a vodná legislatíva a dokumentom pre manažment v povodí v čase malej vodnosti.

Štruktúra predkladanej správy je nasledovná:

- 1) Hlavná správa k úlohe
- 2) Textové prílohy:
 - Posúdenie malej vodnosti metódou regionálnej typizácie
 - Vodná legislatíva a dokumenty pre manažment v povodí v čase malej vodnosti
- 3) Tabuľkové prílohy:
 - Tabuľková príloha 1: Neprietokové charakteristiky malej vodnosti
 - Tabuľková príloha 2: Prietokové charakteristiky malej vodnosti
- 4) Grafické prílohy:
 - Trendy minimálnych ročných prietokov,
 - Trendy minimálnych mesačných prietokov
 - Trendy trendy M - denných prietokov

Malá vodnosť je jeden z prejavov sucha, a môže mať následky na prírodu a spoločnosť. Poznanie režimu malej vodnosti je dôležitý krok ku dosiahnutiu a udržaniu dobrého stavu vôd a zmierňovania následkov sucha.

Dosiahnutie a udržanie dobrého stavu vôd a znižovanie nepriaznivých účinkov sucha je zakotvená v zákone č. 364/2004 Z. z. o vodách a o zmene zákona Slovenskej národnej rady č 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov (vodný zákon).

Prvé vyjadrenie k problematike sucha nájdeme v článku 1, § 1 písm. e) kde vodný zákon prikazuje znižovanie nepriaznivých účinkov sucha.

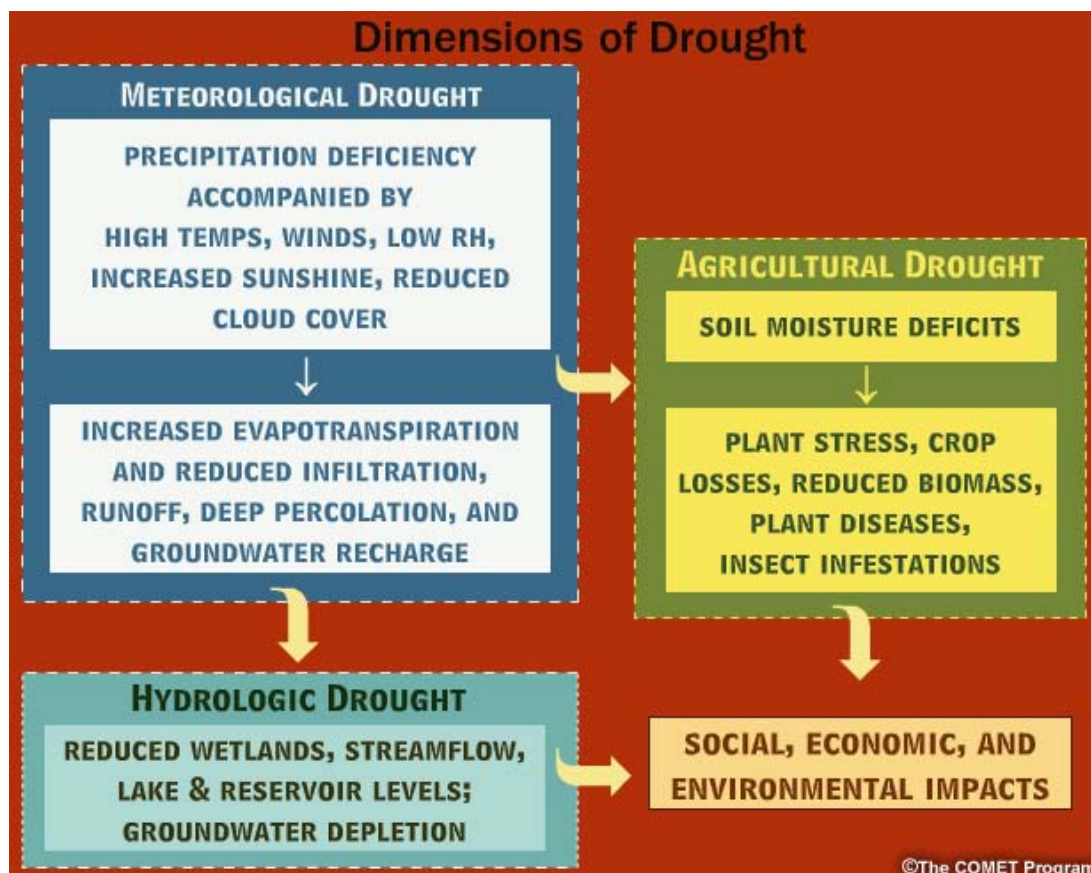
Druhé vyjadrenie, ktoré úzko súvisí s malou vodnosťou nájdeme v § 21 ods. 7 písm. a) kde je definovaný minimálny zostatkový prietok: „Orgán štátnej správy pri povoľovaní odberu je limitovaný prietokom vody vo vodnom toku, ktorý ešte umožňuje všeobecné užívanie a zabezpečuje funkcie vodného toku a zachovanie vodných ekosystémov v ňom.“ Podľa tejto definície minimálneho zostatkového prietoku je zrejmá zložitosť jeho určenia.

Malá vodnosť je jedným z aspektov sucha. Sucho vo všeobecnosti je veľmi neurčitý avšak často používaný pojem, v zásade znamenajúci nedostatok vody v atmosfére, pôde, rastlinách, vo vodných tokoch, jazerách, vodných nádržiach, v podzemných vodách. Sucho je prírodný jav, ktorý má závažné dôsledky na environmentálnu sféru, poľnohospodárstvo, priemysel, zásobovanie obyvateľstva vodou, a teda aj na sociálnu sféru. Jednotné kritérium pre kvantitatívne vymedzenie sucha neexistuje, a to v dôsledku rozmanitých hľadísk meteorologických, hydrologických, poľnohospodárskych, a celý rad ďalších s ohľadom na škody v rôznych oblastiach národného hospodárstva (*Meteorologický slovník výkladový terminologický, 1993*).

Meteorologické sucho je prvotnou príčinou – prejavuje sa dlhodobým nedostatkom zrážok, vysokými teplotami, a ďalšími sucho podporujúcimi meteorologickými ukazovateľmi – zvýšená evapotranspirácia (OBR. 1. 1., OBR. 1. 2.).

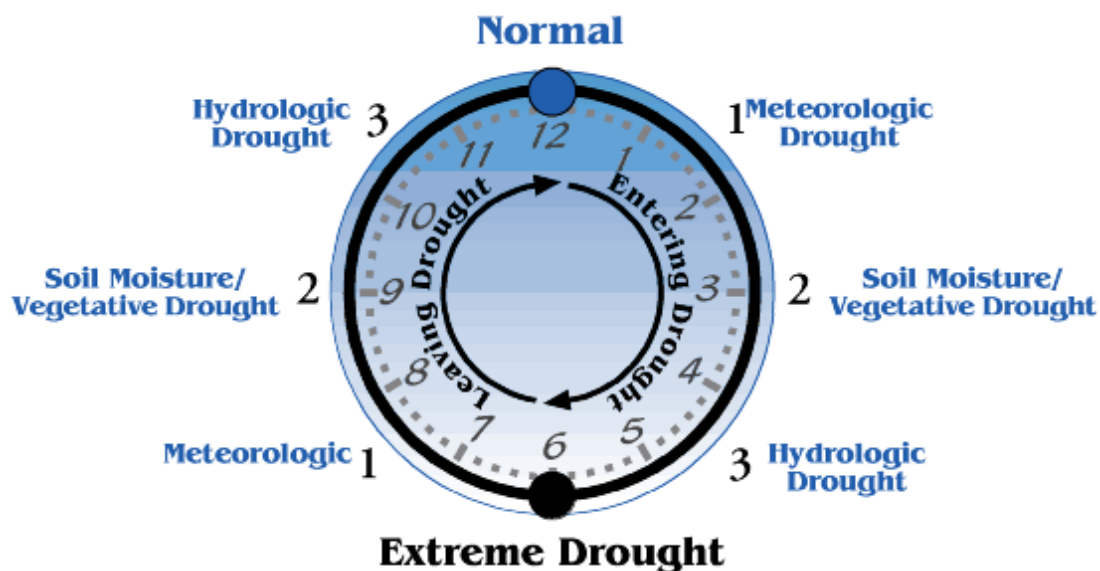
Po meteorologickom suchu nasleduje nedostatok vody v pôde, rastliny majú nedostatok vlahy znižuje sa infiltrácia – nastupuje poľnohospodárske sucho.

Následne dochádza ku poklesu prietokov v povrchových tokoch, poklesu hladín podzemných vôd, v jazerách, mokradiach a vo vodných nádržiach – nastupuje hydrologické sucho. V zimnom období príčinou dlhodobého poklesu prietoku v povrchovom toku môžu byť veľmi nízke teploty, ktoré retardujú odtok.



OBR. 1.1. Aspekty sucha

Dimension of Drought	druhy sucha
Meteorological Drought	meteorologické sucho
Precipitation Deficiency	nedostatok zrážok
Increased Evapotranspiration	zvýšená evapotranspirácia
Reduced Infiltration	znížená infiltrácia
Hydrological Drought	hydrologické sucho
Reduced Wetlands	úbytok mokradí
Streamflow	odtok
Lake and Reservoir Levels	hladiny v jazerách a nádržiach
Groundwater Depletion	vyčerpávanie podzemných vôd
Agricultural Drought	poľnohospodárske sucho
Soil Moisture Deficits	nedostatok vlahy v pôde
Plant stress, Crop	dopad na rastliny a poľnohospodárske plodiny
Plant Diseases	choroby rastlínstva
Insect infestations	zamorenie hmyzom



OBR. 1.2. Časová postupnosť vývoja sucha a ústupu sucha.

Meteorologic Drought	meteorologické sucho
Soil Moisture	pôdna vlhkosť
Vegetative Drought	vegetačné (poľnohospodárske sucho)
Extreme Drought	extrémne sucho

Sucho sa týka všetkých európskych štátov v rozličných stupňoch zasiahnutia. Ročne je zasiahnutých 37% územia EÚ a cca 100 mil. obyvateľov. Zvlášť vážny je problém na 12% územia, na ktorom žije 19% populácie, ktoré sa nachádza zväčša na juhu Európy.

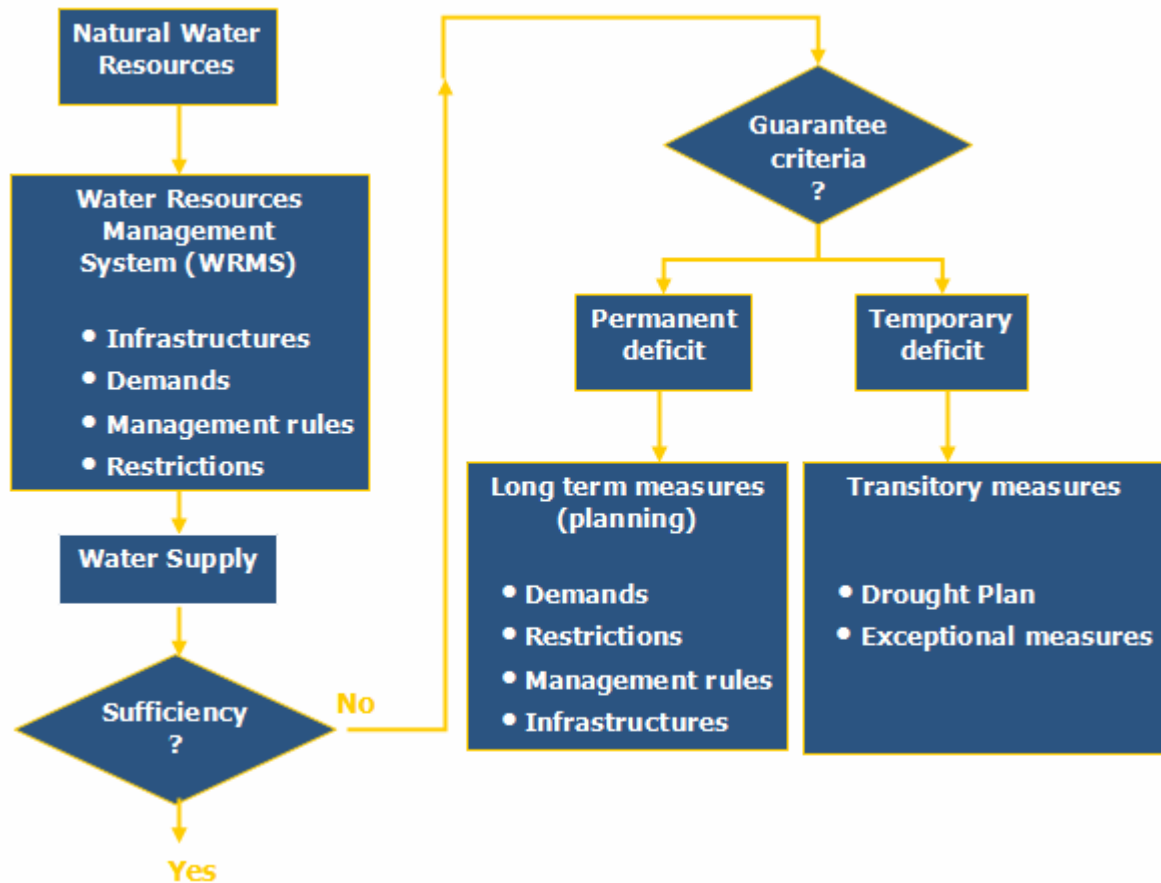
V našich klimatických podmienkach sa v priemere raz za 2 roky vyskytne neprerušená absencia zrážok, ktorá trvá okolo 30 dní, raz za 100 rokov sa môže

vyskytnúť neprerušené bezzrážkové obdobie, ktoré trvá okolo 60 až 80 dní. Najsuchšie oblasti na Slovensku sú Podunajská nížina, Záhorie, Lučenecká kotlina, Východoslovenská nížina, údolie Cirochy a Levočské vrchy. Priemerné sú Liptov, stredné a horné Pohronie a stredný Váh. Orava, Vysoké a Nízke Tatry sú najmenej zasiahnuté nedostatkom zrážok (*Šamaj, F., Valovič, Š., 1972*).

Malá vodnosť môže mať dva druhy prejavov:¹

- 1) Každoročne sa opakujúca malá vodnosť (permanent deficit) - nastáva keď dochádza k poklesu výdatnosti vodného zdroja, ktorý vyplýva z dlhodobého priemerného režimu vodného zdroja – long-term water imbalances. V čase výskytu nedostatku vody sa používajú nástroje Plánu manažmentu povodia.
- 2) Občasne vyskytujúca sa malá vodnosť (temporare deficit), ktorá znamená významnú odchýlku od priemernej hodnoty prirodzenej variability zdroja - je to prirodzený jav s malou pravdepodobnosťou výskytu (*European Environment Agency, European Topic Center on Water, 2009*). V čase jeho výskytu na zmiernenie dopadov sa používajú nástroje Plánu manažmentu sucha.

¹ Analogické ako pri veľkých vodách – jarný zvýšený odtok sa opakuje každoročne, katastrofálne povodne sa vyskytnú občas.



OBR. 1.3 Manažment vody v čase malej vodnosti

Natural Water resources	prírodné vodné zdroje
Water resources Managment System	system manažmentu vodných zdrojov
Infrastructures	infraštruktúra
Demands	požiadavky
Managment rules	pravidlá manažmentu
Restrictions	obmedzenia
Water supply	zásobovanie vodou
Suficiency	dostatok
Guaranted criteria	zaručujúce kritériá
Permanent deficit	permanentný deficit
Temporary deficit	občasný deficit
Long term measures (planing)	dlhodobé merania
Drought plan	plán sucha
Exceptional measures	mimoriadne merania

Vo Vodnom pláne Slovenska problematiky malej vodnosti sa dotýkajú kapitoly riešiace ochranu zdrojov, reguláciu odberov, vypúšťaní, vytvorenie dobrých

hydromorfologických podmienok pre vytvorenie dobrého ekologického stavu, alebo dobrého ekologického potenciálu.

2. Ciele

Cieľom predkladanej práce je analýza režimu malej vodnosti² ako podklad pre:

- 1) hospodárenie s vodou v povodí,
- 2) znižovanie dopadov sucha,
- 3) určenia hydroekolimitov.

Základné hydrologické charakteristiky tak ako ich definuje *STN 75 1400* sú celoplošne spracované na území Slovenska pre priemernú vodnosť a povodňový režim Slovenských tokov, hydrologické charakteristiky malej vodnosti zatiaľ neboli takto celoplošne spracované, preto ďalším cieľom predkladanej práce je vyplniť túto medzeru.

2.1. Neprietokové charakteristiky malej vodnosti

Určiť:

- 1) Najvýznamnejšie zaznamenané udalosti malej vodnosti za celej histórie pozorovania – najdlhšie trvajúce suchá a suchá s najväčším nedostatkovým objemom.
- 2) Na základe teoretických zákonov rozdelenia pravdepodobnosti výskytu určiť suchá s malou pravdepodobnosťou výskytu.
- 3) Popísať režim neprietokových charakteristík aj v ďalších doplňujúcich charakteristikách – frekvencie výskytov, trendy, regresné vzťahy v povodí

2.2. Prietokové charakteristiky malej vodnosti

Určiť:

- 1) Mesačné a sezónne minimá
- 2) Pravdepodobnostné polia mesačných prietokov – $QM_{99\%}$

² Hodnotený bol režim malej vodnosti vo vodomerných staniách v ktorých nie je významne ovplyvnený prietokový režim. Vodomerné stanice s významne ovplyvneným prietokovým režimom, napr. pod vodnými nádržami, sú v tabuľkových prílohách zvýraznené červeným písmom.

- 3) Minimálne 7 dňové prietoky - $Q_{7 \text{ dní } 100 \text{ rokov}}$
- 4) Regionalizácia vybraných charakteristík na území Slovenska

2.3. Hodnotenie Slovenska na základe získaných údajov

spracovať:

Analýzu výskytu sucha a jeho hodnotenie

- 1) Rizikovosť územia Slovenska z hľadiska sucha a vývoj tohto rizika
- 2) Stanovenie oblastí s možným najvýraznejším ovplyvnením sucha a následné stanovenie oblastí, ktoré môžu byť potencionálne najviac dotknuté suchom

2.4. Prehľad prístupov k určaniu hydroekologických limitov

Spracovať prehľad prístupov k určaniu hydroekologických limitov. Prehľad má priblížiť prístupy používané v okolitých krajinách a vo svete a má byť podkladom pre určenie hydroekologických limitov na Slovensku

3. Definície termínov

V predkladanej práci sa dodržiava terminológia, definície a odporúčania podľa odvetvovej technickej normy pre životné prostredie *OTN ŽP 3113-1:04 Kvantita povrchových vôd. Hydrologické údaje povrchových vôd. Kvantifikácia malej vodnosti, (2007)*.

Základné pojmy a definície:

- 1) Okamžitý prietok - prietok v konkrétnom čase.
- 2) Najmenší okamžitý prietok - najmenší okamžitý prietok za zvolené obdobie.
- 3) Priemerný denný prietok - aritmetický priemer všetkých prietokov rovnakej frekvencie za zvolený deň.
- 4) Minimálny prietok - najmenší neovplyvnený priemerný denný prietok v danom profile za zvolené obdobie.
- 5) Minimálny okamžitý prietok - najmenší okamžitý prietok v danom profile za zvolené obdobie.
- 6) M - denný prietok - priemerný denný prietok dosiahnutý alebo prekročený po M - dni v zvolenom období.
- 7) Neovplyvnený prietok – prirodzený prietok neovplyvnený antropogénnou činnosťou.

- 8) Hydrologický rad minimálnych ročných prietokov - súbor hodnôt minimálnych ročných prietokov v danom profile za zvolené obdobie.
- 9) Obdobie výberu môže byť hydrologický rok, kalendárny rok, vodohospodársky rok, zimná alebo letná sezóna, mesiac, prípadne iné účelovo zvolené obdobie. Hydrologický rok je dvanásťmesačné obdobie zvyčajne volené tak, aby zrážky spadnuté v tomto období sa mohli zúčastniť na odtokovom procese v tom istom období. (V SR sa hydrologický rok počíta od 1. novembra bežného roku do 31. októbra nasledujúceho roku.). Vodohospodársky rok je obdobie od 1. apríla bežného roku do 31. marca nasledujúceho roku.
- 10) Malá vodnosť - fáza hydrologického režimu, v ktorej prietok vody v toku je tvorený vyčerpávaním zásob podzemných vôd.
- 11) Trvanie malej vodnosti - súvislé časové obdobie, počas ktorého je prietok menší ako vhodne volená prahová hodnota prietoku.
- 12) Nedostatkový objem - súčet rozdielov prietokov medzi vhodne zvolenou prahovou hodnotou prietoku a skutočnými prietokmi počas súvislého trvania malej vodnosti pod touto prahovou hodnotou prietoku, vyjadrený v objemových jednotkách (m³).
- 13) Prahová hodnota prietoku je volená nasledovne podľa rôznych hľadísk:
 - a. Vodohospodárske hľadisko - prahová hodnota je najmenší potrebný prietok, ktorý pokrýva všetky požiadavky na vodu, ku ktorým je spravidla potrebné povolenie štátne vodnej správy podľa „Zákon č. 364/2004 Z. z. o vodách a o zmene a doplnení niektorých zákonov (vodný zákon)“, vrátane zostatkového prietoku.
 - b. Hydrologické hľadisko - prahová hodnota je vhodne volená niektorá hodnota M – denných prietokov (napr. Q_{180d} , Q_{270d} , Q_{330d}). Ekologické hľadisko - prahová hodnota prietoku, je taká, ktorá zabezpečuje dobrý ekologický stav v povrchovom toku. Znižovaním prahovej hodnoty prietoku klesá počet prípadov výskytu nedostatkových objemov, znižuje sa ich veľkosť a skracuje sa dĺžka trvania malej vodnosti. Pri voľbe nízkej prahovej hodnoty prietoku sa môžu vyskytnúť roky s nulovým výskytom tohto javu. Trvanie malej vodnosti a nedostatkové objemy sú viazané spoločným výskytom. Konkrétne trvanie malej vodnosti zodpovedá konkrétny nedostatkový objem. Neplatí tu však všeobecná závislosť, že maximálnemu trvaniu musí zodpovedať maximálny nedostatkový objem a opačne.

V práci používame aj ďalšie pojmy a označenia, ktoré nie sú v uvedenej norme uvedené. Niektoré boli prevzaté zo zahraničných prameňov, niektoré boli zavedené v rámci tejto správy.

- 1) $Q_{7dní}$ - priemerný prietok za 7 po sebe idúcich dní
- 2) $Q_{7dnímin}$ - najmenší prietok z určitého obdobia
- 3) $Q_{7dnípriem}$ - priemerný prietok z určitého obdobia
- 4) $Q_{7dní100rokov}$ - priemerný prietok za 7 po sebe idúcich dní, ktorý sa vyskytne priemerne raz za 100 rokov
- 5) Q_{100min} - priemerný denný prietok ktorý sa vyskytne priemerne raz za 100 rokov
- 6) $Q_{m99\%}$ je priemerný mesačný prietok s 99 % zabezpečenosťou, resp. s 1 % nedostúpením

4. Podkladové údaje

4.1. Neprietokové charakteristiky

Spracovanie bolo uskutočnené na podklade priemerných denných prietokov v sieti vodomerných staníc SHMÚ. Spracovávali sa hydrologické časové rady priemerných denných prietokov, ktoré boli 30 ročné a dlhšie.

4.2. Prietokové charakteristiky

Využil sa celý potenciál hydrologických pozorovaní na území Slovenska s pozorovaním dlhším ako 30 rokov v dennom a mesačnom kroku.

Pri spracovaní mesačných charakteristík boli priamo z databanky SHMÚ použité priemerné mesačné prietoky z uvedených staníc.

Pri spracovaní trendov boli priamo z databanky SHMÚ použité minimálne mesačné a minimálne ročné prietoky a vybrané kvantily M – denných prietokov za jednotlivé roky.

5. DATABÁZOVÉ PROSTRIEDKY

V súčasnosti je databáza hydrologických režimových kvantitatívnych údajov budovaná v relačnom DB systéme Ingres na WS DEC station 5000/133 pod OS Ultrix 4.4. Tvorí ju katalóg vodomerných staníc povrchových vôd a registre vodných stavov, priemerných denných prietokov, teploty vody a plavenín. Súčasťou je tiež softwarový balík umožňujúci spracovanie tlačových zostáv a štatistických spracovaní pre katalóg a registre vo forme rôznych výstupov (tlačiareň, obrazovka, súbor).

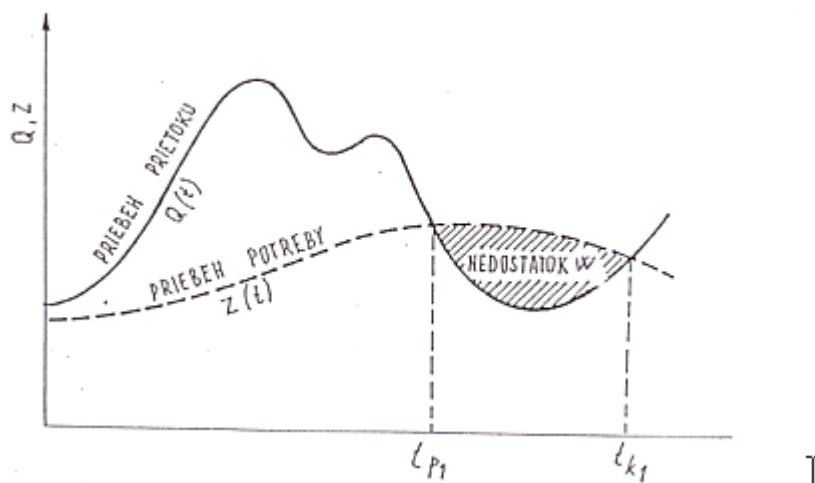
Pri riešení sa využil register priemerných denných prietokov, ako aj softwarový balík, ktorý umožňuje výstupy minimálnych mesačných prietokov jednak za jednotlivé roky a tiež za vybrané obdobia.

Pri výbere údajov a výpočte $Q_{7\text{dni}100\text{rokov}}$ bolo použité makro a pri zostavení empirických čiar a výpočte extrapolovaných hodnôt $Q_{7\text{dni}100\text{rokov}}$ a $Q_{\text{minmes}99\%}$ boli využité nástroje EXCELU.

Pri spracovaní neprietokových charakteristík sa využil program NIZOWKA.

6. NEPRIETOKOVÉ CHARAKTERISTIKY MALEJ VODNOSTI

Vo všeobecnej rovine nedostatok vody nastáva keď potreba vody $Z(t)$ prevyšuje prietok v povrchovom toku $Q(t)$. Tento jav je popísaný časom trvania nedostatku vody a množstvom chýbajúcej vody – OBR. 6. 1.



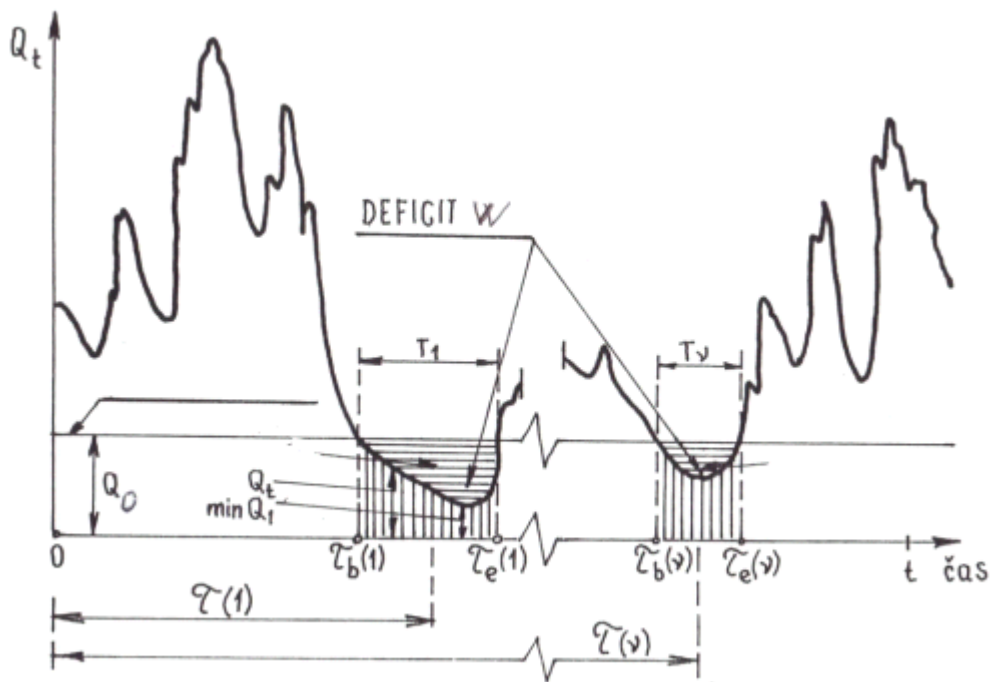
OBR. 6. 1. Neprietokové charakteristiky – schematický obrázok

Základné neprietokové charakteristiky malej vodnosti sú:

1. trvanie malej vodnosti – T
2. nedostatkový objem – W.

Veľkosť týchto charakteristík závisí od hodnoty prahovej hodnoty prietoku - Q_0 , ktorý môže mať v čase konštantnú, ale aj premenlivú hodnotu.

Na OBR. 6.2. je zvolená konštantná.



OBR. 6. 2. Základné neprietokové charakteristiky malej vodnosti

Trvanie malej vodnosti je súvislé časové obdobie, počas ktorého je prietok menší ako vhodne volená prahová hodnota prietoku. Krátkodobé prevýšenie prahovej hodnoty prietoku v trvaní niekoľkých dní možno v niektorých prípadoch v závislosti od veľkosti tohto prevýšenia považovať z praktického hľadiska (napr. vodohospodárskeho, ekologického a i.) za málo významné, resp. nevýznamné a neuvažovať ho, ako prerušenie trvania obdobia malej vodnosti. Spojením takto prerušených dvoch období trvania malej vodnosti do jedného súvislého časového obdobia, vrátane počtu dní krátkodobého prevýšenia prahovej hodnoty prietoku, sa podstatne zvýši vodohospodárska významnosť takto stanoveného obdobia trvania malej vodnosti. Určenie krátkodobého prerušenia prahovej hodnoty prietoku T_{BREAK}^3 , je jednou z okrajových podmienok riešenia.

Nedostatkový objem – W je súčet rozdielov prietokov medzi vhodne zvolenou prahovou hodnotou prietoku a skutočnými prietokmi počas súvislého trvania malej vodnosti pod touto prahovou hodnotou prietoku, vyjadrený v objemových jednotkách $[m^3]$. Veľmi malé hodnoty W sa zanedbávajú – čo je ďalšou z okrajových podmienok

³ Krátkodobé prerušenie malej vodnosti zanedbávame a považujeme ho za neprerušené – tým splníme podmienku na nezávislosť náhodných veličín

spracovania. Zanedbanie malých hodnôt sa určuje koeficientom $\alpha = W_{\max}/W$. Ak $\alpha \leq 0,005$ tak sa nedostatkový objem zanedbáva.

Vyčíslené dĺžky trvania malej vodnosti a nedostatkového objemu v každom roku, predstavujú základné údaje pre zostrojenie štatistických súborov neprietokových charakteristík.

Prvé práce o neprietokových charakteristikách málovodnej odtokovej fázy boli publikované v *Hydrologických pomeroch III.* (1970), kde boli nedostatkové objemy spracované v siedmych profiloch na území Slovenska. Tejto problematike na Slovensku sa v ďalších rokoch nevenovala pozornosť.

Demeterová (2000) na podklade hydrologických pozorovaní v 26 vodomerných staniách východoslovenského kraja v priebehu rokov 1971 – 1995 hodnotí nedostatkové objemy a čas trvania malej vodnosti z hľadiska štatistického spracovania, regionálneho spracovania a časopriestorového spracovania.

V zahraničnej literatúre je problematika bohato rozpracovaná. Režim malej vodnosti má v rozličných krajinách a rozličných klimatických podmienkach rôzne prejavy a tak podnety pre jeho výskum a samotné definovanie odtokovej fázy malej vodnosti sú veľmi rôznorodé.

Ku klasickým prácam možno zaradiť práce Yevjevicha (1967) a Todorovicha a Yevjevicha (1969) ktorí dávajú teoretické základy najmä pre matematickú formuláciu málovodnej odtokovej fázy a chápu ju ako stochastický proces. Stochastickým prístupom sa snažia odhadnúť pravdepodobnosť výskytu historických prípadov a extrapolovať ich na prípady extrémnejšie. Použitie modelu založenom na Markovovom reťazci je v štúdií Srikanthan a McMahon (1985). Bolgov a Fortus (1997). Deterministické modelovanie použili Kašpárek a Novický (1997), ktorí pracujú v mesačnom kroku. Kombinované prístupy deterministické a stochastické sa môžu vhodne dopĺňať - Kašpárek a Novický (1999). Identifikáciu a charakteristiky sucha na základe radov priemerných denných prietokov, rozvíjajú práce Tallaksen a Hisdal (1997), Gustarda a Coleho (1997). V ďalších prácach sa autori venujú určeniu hranice sucha. V práci Gustard et al. (1997) sa v kapitole Odhady malých prietokov v Európskej únii uvádza, že doterajšie celoeurópske štúdie boli založené na dennom prietoku, ktorý je prekročený počas 90% času (Q_{90}).

6.1. Metodika spracovania

6.1.1. Výpočet neprietokových charakteristík

Pri metodike spracovania sme sa opierali o normu *OTN MŽP SR 3113-1:04.* (2007).

Teoretické základy pre štatistické hodnotenie malej vodnosti v toku položili Zelenhasic & Salvai (1987). Predpokladá sa, že udalosti malej vodnosti sú nezávislé, náhodné udalosti a ich počet sa riadi Poissonovým zákonom distribúcie. Tak ako je v hydrológii zvykom pre náhodné premenné, čas a nedostatkový prietok nám určuje pravdepodobnosť ich prekročenia, resp. pravdepodobnosť ich nedostúpenia. Voľba prahovej hodnoty ovplyvňuje dosiahnuté výsledky, preto sa s ňou budeme podrobnejšie zaoberať.

Voľba prahovej hodnoty prietoku

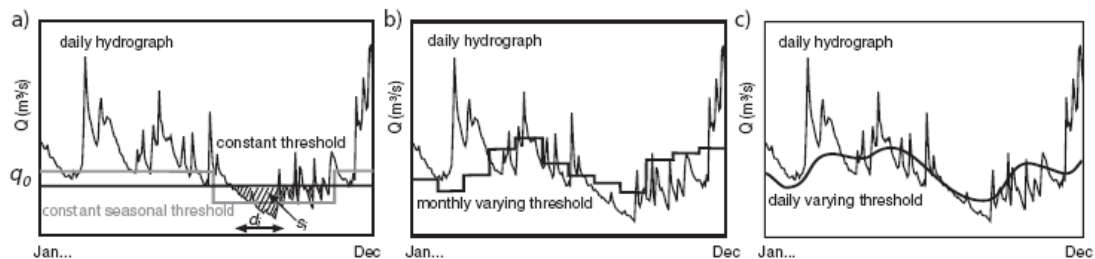
Prahová hodnota prietoku vymedzuje z hydrogramu malú vodnosť. K voľbe prahovej hodnoty sú možné rôzne prístupy v závislosti od účelu na, ktorý má slúžiť spracovanie (vodohospodárske, hydrologické, ekologické účely), v závislosti od prírodných podmienok (napr. v aridných oblastiach sú kritériá pre prahovú hodnotu volené na iných hodnotách ako v oblastiach s dostatkom vody). Prahovú hodnotu je možné voliť ako funkciu času, na dennej báze, mesačnej báze atď. Táto hodnota sa volí podľa rôznych hľadísk.

Vodohospodárske hľadisko - prahová hodnota je najmenší potrebný prietok, ktorý pokrýva všetky požiadavky na vodu, ku ktorým je spravidla potrebné povolenie štátnej vodnej správy podľa „Zákon č. 364/2004 Z. z. o vodách a o zmene a doplnení niektorých zákonov (vodný zákon)“, vrátane zostatkového prietoku.

Hydrologické hľadisko - prahová hodnota je vhodne zvolená niektorá hodnota M – denných prietokov (napr. Q_{180d} , Q_{270d} , Q_{330d}).

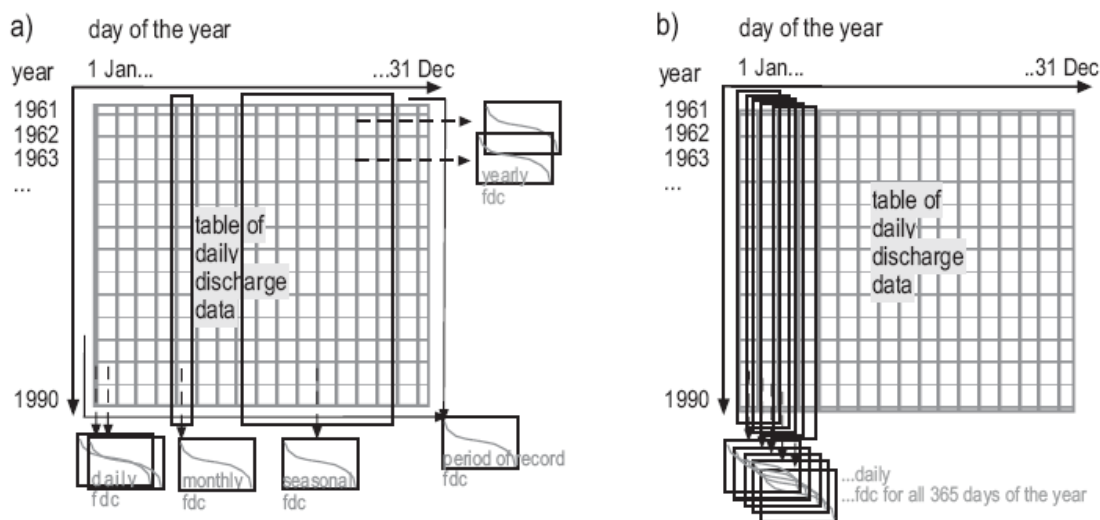
Ekologické hľadisko - prahová hodnota prietoku, je taká, ktorá zabezpečuje dobrý ekologický stav v povrchovom toku.

Znižovaním prahovej hodnoty prietoku klesá počet prípadov výskytu nedostatkových objemov, znižuje sa ich veľkosť a skracuje sa dĺžka trvania malej vodnosti. Pri voľbe nízkej prahovej hodnoty prietoku sa môžu vyskytnúť roky kedy nezaznamenáme malú vodnosť. Vo všeobecnosti sa to týka vodnejších rokov. Trvanie malej vodnosti a nedostatkové objemy sú viazané spoločným výskytom. Konkrétne trvanie malej vodnosti zodpovedá konkrétny nedostatkový objem. Neplatí tu však všeobecná závislosť, že maximálnemu trvaniu musí zodpovedať maximálny nedostatkový objem a opačne.



OBR. 6. 1. 1.1. Rôzne prístupy k určeniu Q_0

Na OBR. 6. 1.1.1. a) je volená konštantná hodnota prahovej hodnoty, na OBR. 6. 1.1.1. b) je volená hodnota prahovej hodnoty, ktorá sa mení každý mesiac, na OBR. 6. 1.1.1. c) je volená hladina prahovej hodnoty, ktorá sa mení každý deň.



OBR. 6. 1.1. 2. Postupy určenia Q_0

Na OBR. 6. 1.1.2. a) je spôsob určenia prahovej hodnoty pre každý mesiac, ako čiara prekročenia priemerných mesačných prietokov, na OBR. 6. 1.1.2. b) je spôsob určenia prahovej hodnoty pre každý deň, ako čiara prekročenia priemerných denných prietokov pre konkrétny dátum.

V našom spracovaní pri voľbe prahovej hodnoty sme volili dve konštantné úrovne Q_0 :

- 1) Prahovú hodnotu prietoku Q_0 sme dali na úroveň hodnoty prietoku s 90%⁴ zabezpečenosťou priemerného denného prietoku hodnoteného obdobia, čo zodpovedá približne 330 dennému prietoku.

⁴ prijali sme odporúčanie autorov Tallaksen L. M. van Lanen Eds., (2004).

- 2) Prahovú hodnotu prietoku Q_0 sme dali na úroveň hodnoty Q_{355} ⁵, čo zodpovedá 97,2 %, zabezpečení priemerného denného prietoku hodnoteného obdobia.

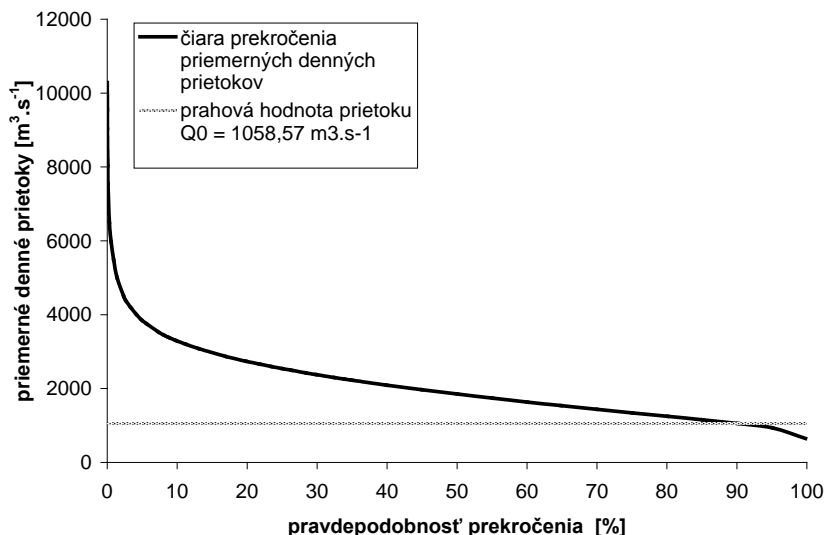
Postup spracovania

Spracovanie bolo uskutočnené na podklade priemerných denných prietokov v sieti vodomerných staníc SHMÚ. Využili sa všetky napozorované údaje SHMÚ na území Slovenska vo vodomerných staniciach s najmenej 30 ročným pozorovaním. Pri používaní tabuľkových výstupov s neprietokovými charakteristikami je však potrebná aj dokonalá znalosť povodia – charakteristiky malej vodnosti sú citlivé aj na menšie zásahy do odtokového režimu, ako je napríklad odber vody v čase sucha, a je na odbornom posúdení hydrológa.

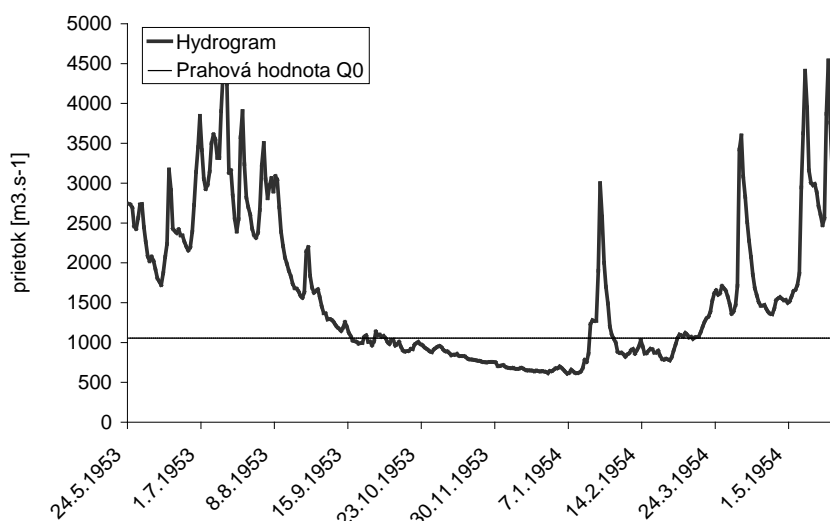
Základný postup spracovania:

- 1) Prahová hodnota prietoku - Q_0 , bola zvolená na dvoch úrovniach: úrovni $Q_{90\%}$ (cca Q_{330}) a pre $Q_{97,2\%}$ (Q_{355})
- 2) Kritérium pre dovolený čas prerušenia, T_{BREAK} sme volili 2 dni.
- 3) Objemovo malé udalosti, ktoré nemajú charakter sucha sme zanedbali, podľa kritéria $\alpha \leq 0,005$. (pomer maximálneho nedostatkového objemu ku testovanému).
- 4) Krátke udalosti malej vodnosti sme zanedbali, podľa kritéria $T \leq 5$ dní.
- 5) Charakteristiky sme určovali z kontinuálneho hydrogramu, ktorý sme neprerušovali na konci hydrologického roku ani sezóny. Výskyt udalosti sa pripíše tomu roku alebo sezóne, v ktorom (v ktorej) leží dátum prostriedku intervalu trvania udalosti. Definované pojmy sú zrejmé z OBR. 6.1.1 a OBR. 6.1.2.
- 6) K spracovaniu sme použili program NIZOWKA (2003).

⁵ Charakteristika malej vodnosti používaná v SR



OBR. 6.1.1.3. Určenie prahovej hodnoty prietoku vo vodomernej stanici Dunaj – Bratislava, z radu priemerných denných prietokov obdobia 1902 – 2005, $Q_0 = 90\%$ zabezpečenia priemerného denného prietoku



OBR. 6.1.1.4. Dunaj – Bratislava obdobie malej vodnosti na prelome rokov 1953 a 1954 pre prahovú hodnotu prietoku Q_{90}

TAB. 6.1.1 obsahuje súbor charakteristík malej vodnosti vo vodomernej stanici Poprad - Matejovce, pri definovaných okrajových podmienkach:

- 1) Dátum začiatku obdobia malej vodnosti
- 2) Dátum konca obdobia malej vodnosti
- 3) Nedostatkový objem
- 4) Priemernú dennú hodnotu nedostatkového objemu
- 5) Trvanie malej vodnosti v dňoch
- 6) Minimálny prietok dosiahnutý počas tejto prietokovej depresie

- 7) Dátum dosiahnutia minimálneho prietoku
- 8) Priemerný prietok počas trvania prietokovej depresie

TAB. 6.1.1.1. Súbor charakteristík malej vodnosti pre vodomernú stanicu Poprad – Matejovce

DROUGHTS PARAMETERS (Y)						
Profile: Matejovce - 8080				Threshold level: 90,48%		
River: Poprad				Coefficient alpha: 0,005		
All year droughts 01.11 ~ 31.10				Duration criterion: 5		
				Separation criterion: 2		
Date	Deficit (th. m3)	Average deficit (th. m3)	No. of days	Minimum runoff (l/n m3/s)	Date of minimum runoff	Average runoff (l/n m3/s)
13.12.1931 - 5.1.1932	772,416	32,184	24	1,100	2.1.1932	1,208
28.1.1932 - 15.3.1932	1271,800	26,496	48	1,030	4.3.1932	1,273
7.9.1932 - 6.10.1932	406,080	13,536	29	1,300	20.9.1932	1,431
15.11.1932 - 27.11.1932	246,240	18,942	13	1,300	22.11.1932	1,361
9.12.1932 - 4.2.1933	3004,128	51,795	57	0,800	29.12.1932	0,983
14.2.1933 - 5.3.1933	683,424	34,171	20	0,960	24.2.1933	1,185
14.4.1933 - 24.4.1933	112,320	10,211	10	1,270	19.4.1933	1,465
4.12.1933 - 30.12.1933	1093,824	40,512	27	1,000	29.12.1933	1,111
4.1.1934 - 10.2.1934	1689,120	44,461	38	0,600	3.2.1934	1,066
22.1.1935 - 18.2.1935	330,912	11,818	28	1,380	13.2.1935	1,443
2.12.1936 - 15.12.1936	157,248	11,232	14	1,400	7.12.1936	1,450
27.12.1936 - 4.1.1937	231,552	25,728	9	1,020	2.1.1937	1,282

Matějovce - 8080, All year droughts ; Threshold level: 90,48% ; Coefficient alpha: 0,005 ; Duration criterion: 5 ; Separation criterion: 2

1

I

Vysvetlivky ku obrázku

⁶Droughts parameters – parametre malej vodnosti

All year droughts - výber z hydrologických rokov

Threshold level – prahová hodnota prietoku

Coefficient alpha – koeficient alfa (kritérium pre zanedbateľný nedostatkový objem)

Duration criterion – kritérium pre zanedbateľné trvanie

Separation criterion – kritérium pre spájanie závislých udalostí

Date – dátum začiatku a konca udalosti

Deficit – nedostatkový objem

Average deficit – priemerný nedostatkový objem

⁶ Preklad nie je doslovný, ale významový vzhľadom k OTN MŽP SR 3113-1:04. (2007)

No of days – trvanie malej vodnosti v dňoch

Minimum runoff – minimálny prietok dosiahnutý počas trvania malej vodnosti depresie

Average runoff – priemerný prietok počas trvania malej vodnosti

6.1.2. Najvýznamnejšie obdobie malej vodnosti počas obdobia pozorovania

Pod týmto obdobím malej vodnosti rozumieme zaznamenanú udalosť s najdlhším trvaním a s najväčším nedostatkovým objemom počas celého pozorovania. Vo väčšine prípadov udalosť s najdlhším trvaním má aj najväčší nedostatkový objem, nie je to však zákonitosť. Vo vodomerných staniaciach, kde sa vyskytli v rôznom čase sme vybrali dve udalosti.

Tieto obdobia môžeme považovať za historické obdobia malej vodnosti, ktoré sú dôsledkom historických súch. V minulosti znamenali hlad, požiare a hospodársky úpadok.

Historické udalosti malej vodnosti, sú spojené so závažnými vplyvmi na spoločnosť a životné prostredie, ich poznanie je dôležité pre hodnotenie zraniteľnosti vodných zdrojov v povodí, ako aj pri aplikácii opatrení pre znižovanie následkov sucha. V čase historického sucha v prírodnom 'laboratóriu' môžeme študovať jeho prejavy a dopady na prírodu a spoločnosť. Požiadavka poznania parametrov historického sucha sa vyskytuje aj v dokumentoch, ktoré nadväzujú na Rámcovú smernicu o vodách a zaoberajú sa zmierňovaním následkov sucha (WS&D – Council Conclusion, Lisabon 2007).

6.1.3. Odhad malej vodnosti s malou pravdepodobnosťou výskytu

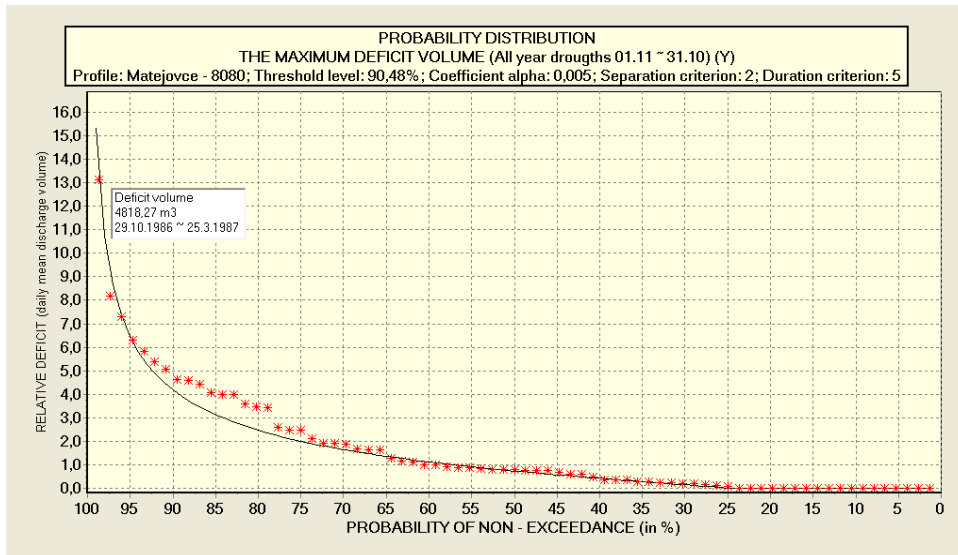
Pri hodnotení hydrologických javov nás zvlášť zaujímajú extrémny. Aj pri hodnotení malej vodnosti sú pre projekčné účely a pre zmiernenie následkov sucha dôležité znalosti o extrémnych zriedka sa vyskytujúcich obdobiach malej vodnosti v povrchových tokoch. Na základe teoretického predpokladu o nezávislosti a náhodnosti výskytu udalostí malej vodnosti, základy pre štatistické spracovanie parametrov malej vodnosti položili Zelenhasic & Salvai (1987), ktorí testovali teoretické distribučné funkcie vhodné pre štatistické súbory výberových - maximálnych udalostí malej vodnosti.

Pri výpočtoch pracujeme s výberovými súbormi náhodných premenných – čas trvania respektíve nedostatkový objem. Z každého roku sa vyberie parameter s najväčšou hodnotou. Pokiaľ udalosť presahuje hranice roka alebo sezóny priradí sa do toho roku v ktorom leží dátum prostriedku intervalu trvania udalosti. Pokiaľ sa v

niektorom roku, alebo sezóne nevyskytlo obdobie malej vodnosti do štatistického súboru sa zaradí nula.

Súbor ročných maximálnych trvaní malej vodnosti

V predkladanej práci v tabuľkovej prílohe sú uvedené odhady parametrov malej vodnosti podľa teoretického zákona rozdelenia pre pravdepodobnosť nedostúpenia 99 % – pre nedostatkové objemy a trvanie malej vodnosti.



OBR. 6.1.3.1. Odhad parametrov malej vodnosti - nedostatkový objem - ukážka z programu NIZOWKA

Vysvetlivky ku obrázku

Probability distribution – funkcia pravdepodobnosti výskytu

The Maximum deficit volume - maximálny nedostatkový objem

All year droughts - výber z hydrologických rokov

Threshold level – prahová hodnota prietoku

Coefficient alpha – koeficient alfa (kritérium pre zanedbateľný nedostatkový objem)

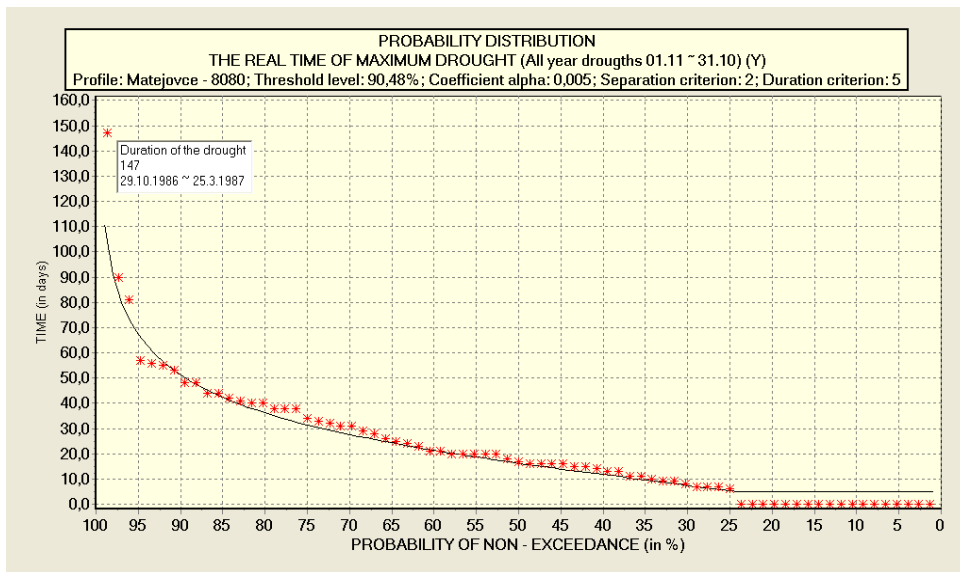
Duration criterion – kritérium pre zanedbateľné trvanie

Separation criterion – kritérium pre spájanie závislých udalostí

Probability of non exceedance – pravdepodobnosť nedostúpenia

Relative deficit – relatívny nedostatkový objem k priemernému dennému pretečenému objemu.

Time – čas v dňoch



OBR. 6.1.3.2. Odhad parametrov malej vodnosti – čas trvania – ukážka z programu NIZOWKA

Vysvetlivky ku obrázkom

Probability distribution – funkcia pravdepodobnosti výskytu

The Maximum deficit volume - maximálny nedostatkový objem

All year droughts - výber z hydrologických rokov

Threshold level – prahová hodnota prietoku

Coefficient alpha – koeficient alfa (kritérium pre zanedbateľný nedostatkový objem)

Duration criterion – kritérium pre zanedbateľné trvanie

Separation criterion – kritérium pre spájanie závislých udalostí

Probability of non exceedance – pravdepodobnosť nedostúpenia

Relative deficit – relatívny nedostatkový objem k priemernému dennému pretečenému objemu.

Estimation - Matejovce - 8080

Poisson distribution: Chi2 test value: 0,79381

Pascal distribution: Chi2 test value: 0,85345

Pearson distribution: Akaike criterion: 18,44402 Chi2 test value = 0,00002

Weibull distribution: Akaike criterion: 18,42923 Chi2 test value = 0,00036

LogNormal distribution: Akaike criterion: 18,21206 Chi2 test value = 0,04760

Johnson distribution: Akaike criterion: 18,10971 Chi2 test value = 0,00000

Double exponential distribution: Akaike criterion: 19,23128 Chi2 test value = 0,00000

Generalized Pareto distribution: Akaike criterion: 18,32344 Chi2 test value = 0,19813

OBR. 6.1.3.3. Teoretické rozdelenia pre pravdepodobnosť výskytu parametrov sucha

Pracovali sme v programe NIZOWKA 2003 Jakubowski in Tallaksen, van Lanen Eds., (2004), ktorý je postavený na opísaných teoretických postupoch. Popísaný postup je zrejmý z OBR. 6.1.3.1. , 6.1.3.2. , 6.1.3.3. Program dáva možnosť výberu z 5 distribučných funkcií (OBR. 6.1.3.3.): Pearson Typ 3, Log - Normal, Johnson, Gumbel, Generalizovaná Pareto, ktoré zodpovedajú oboru hodnôt a okrajovým podmienkam hodnotených náhodných premenných. Vhodnosť výberu teoretickej funkcie prekročenia sa testuje dvomi metódami: chi-kvadrát test, Akaike kritérium. Na základe štatistického testovania sa vyberá najvhodnejšie teoretické rozdelenie pre hodnotenú hydrologickú veličinu. Tento postup nám umožňuje z teoretickej čiary nedostúpenia určiť extrémne hodnoty pre trvanie malej vodnosti v roku a v sezónach.

6.2. Zhodnotenie výsledkov v povodiach⁷

Výsledky spracovania pre neprietokové charakteristiky malej vodnosti vo všetkých povodiach Slovenska sa nachádzajú v TABUĽKOVEJ PRÍLOHE 1.

Povodie Popradu a Dunajca

V povodí sme hodnotili 14 vodomerných staníc. V nasledujúcich tabuľkách sú uvedené výsledky zo 4 vodomerných staníc – ostatné sú uvedené v TABUĽKOVEJ PRÍLOHE 1. Hodnotíme najdlhšie podkročenie⁸ prietoku pod Q_{355} , celkový počet podkročení, ich početnosť výskytu v 4 intervaloch, trendy časov trvania malej vodnosti a malú vodnosť v posledných 4 uplynulých rokoch.

Najdlhšie suchá v tomto povodí sa vyskytujú v zimnom období, kedy pre mrazivé počasie je odtok v povodí retardovaný. Na Javorinke v zime 1996 prietok bol pod úrovňou Q_{355} po dobu 78 dní, na Slavkovskom potoku v roku 1969 po dobu 49 dní, na Poprade v Poprade 44 dní na prelome rokov 1932 a 1933. Na dolnom povodí Popradu v Chmelnici podkročenie Q_{355} trvalo 64 dní.

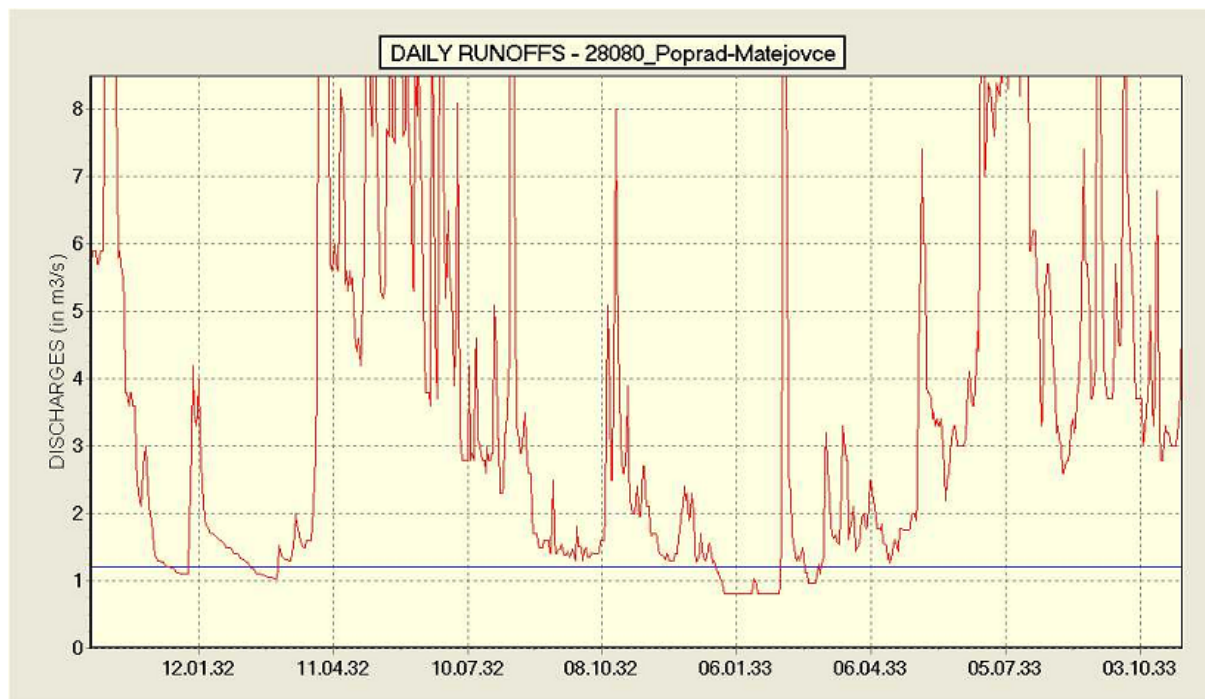
⁷ pri týchto hodnoteniach najdlhšie trvanie malej vodnosti a najdlhšie sucho sú totožné pojmy

⁸ najdlhšie trvajúcu malú vodnosť

Dlhšie ako 30 dňové podkročenie sa na Javorinke a na Poprade v Chmelnici vyskytlo až 7 krát, na Slavkovskom potoku 2 krát, na Poprade v Matejovciach 6 krát a na Poprade v Chmelnici 7 krát.

Na OBR. 6. 2. 1. je najdlhšie obdobie malej vodnosti na Poprade v Matejovciach. V TAB. 6. 2. 1. sú najdlhšie obdobia malej vodnosti vo vybraných povodiach Popradu a Dunajca.

V TAB. 6. 2. 2. je celkový počet výskytov malej vodnosti pod Q_{355} a počet výskytov v 4 intervaloch.



OBR. 6. 2. 1. Malá vodnosť na Poprad v Matejovciach na prelome rokov 1932 a 1933

TAB. 6. 2. 1. Najväčšie suchá v povodí Popradu vo vybraných vodomerných staniciach – podkročenie Q_{355}

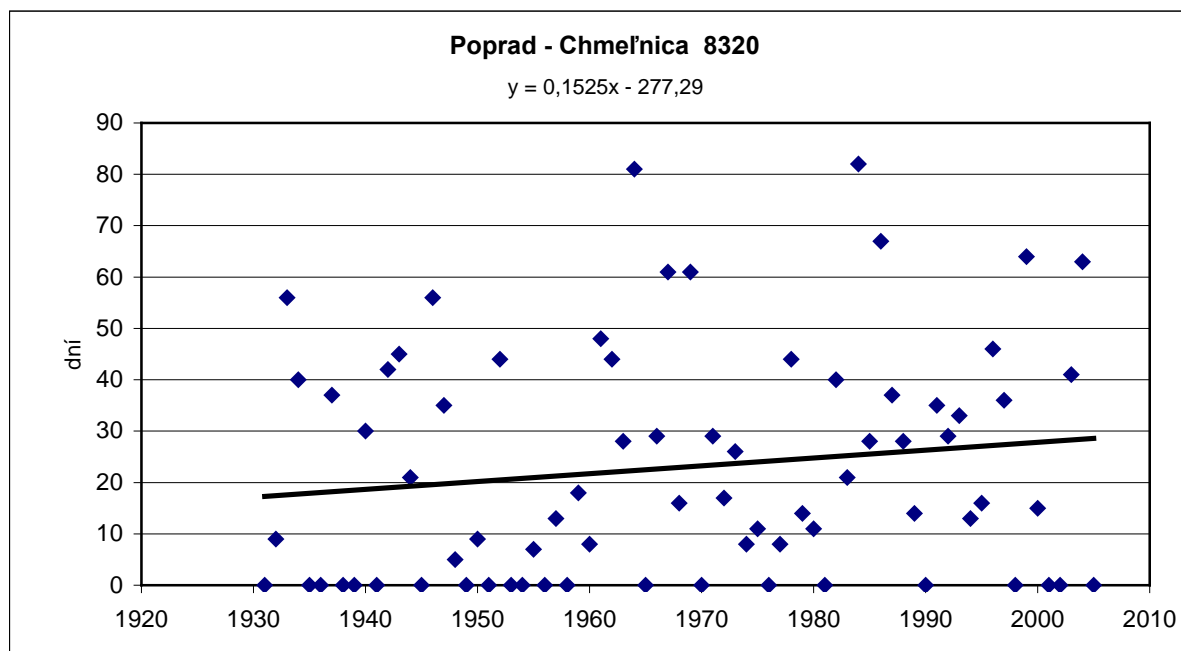
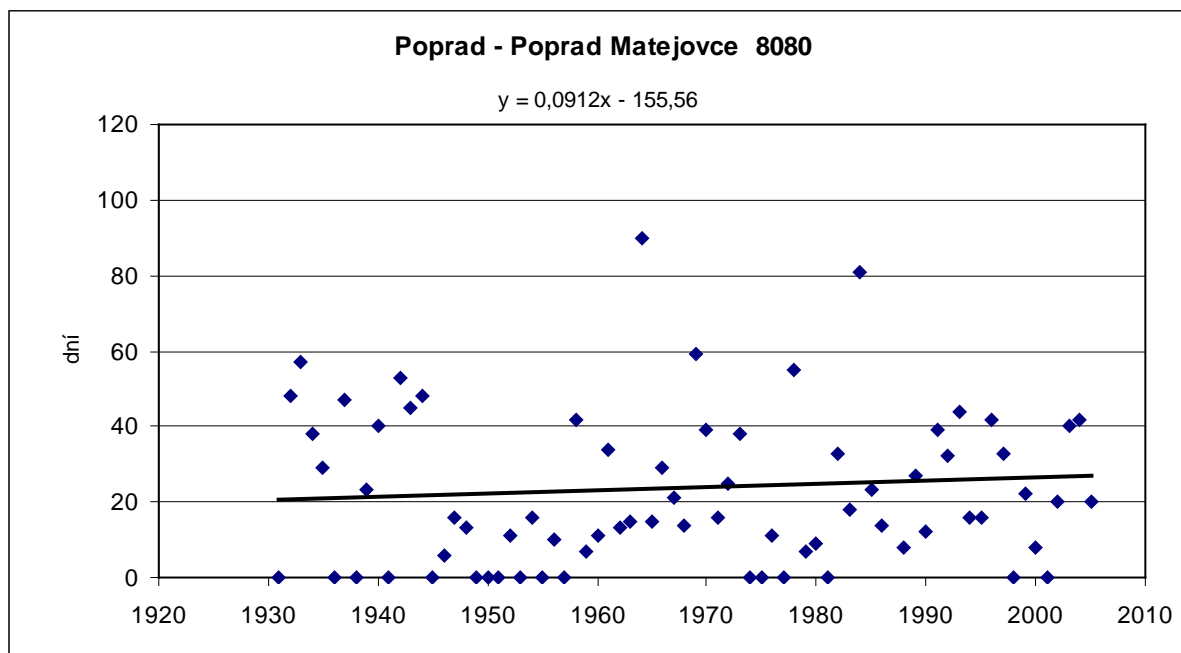
Tok	Stanica	Obdobie Hodnotenia	Začiatok	Koniec	Trvanie[dni]
Javorinka	Podspády	1960-2009	22.1.1996	8.4.1996	78
Slavkovský potok	Poprad- Matejovce	1961-2009	3.1.1969	21.2.1969	49
Poprad	Poprad- Matejovce	1931-2009	23.12.1932	4.2.1933	44
Poprad	Chmelnica	1931-2009	17.1.1964	20.3.1964	64

TAB. . 6. 2. Počet výskytov malej vodnosti: celkový a v 4 intervaloch v povodí Popradu

Tok - profil	Celkový počet	Počet do 10 dní	Počet v intervale 11 až 20 dní	Počet v intervale 21 až 30 dní	Počet nad 30 dní
Javorinka- Podspády	21	5	9	0	7

Slavkovský potok - Poprad	31	19	7	3	2
Poprad-Matejovce	39	13	10	10	6
Poprad-Chmelnica	38	13	12	6	7

OBR. 6. 2. 2. Trend trvania malej vodnosti vo vodomerných staniciach s dlhým radom pozorovania v povodí Popradu



OBR. 6. 2. 2. Trendy trvania malej vodnosti vo vodomerných staniciach s dlhým radom pozorovania v povodí Popradu

Vo vodomerných staniciach Poprad Matejovce a Poprad Chmelnica sme hodnotili trendy trvania malej vodnosti – v oboch prípadoch vykazujú mierne stúpajúce tendencie (OBR. 6. 2. 2.).

TAB. 6. 2. 3. Hodnotenie rokov 2006 – 2009 trvanie podkročenia pod Q_{355} a dosiahnutý minimálny prietok v povodí Poradu a Dunajca

2006					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q_{\min} a Q_{355}
Javorinka	Podspády	16.3.2006	22.3.2006	7	0,270/0,298
Poprad	Matejovce	9.3.2006	9.3.2006	1	1,219/1,226
Poprad	Chmelnica	5.3.2006	10.3.2006	6	3,375/3,591
2007					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q_{\min} a Q_{355}
Javorinka	Podspády	-	-	-	0,438/0,298
Poprad	Matejovce	-	-	-	1,358/1,226
Poprad	Chmelnica	-	-	-	4,506/3,591
2008					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q_{\min} a Q_{355}
Javorinka	Podspády	-	-	-	0,371/0,298
Poprad	Matejovce	-	-	-	1,309/1,226
Poprad	Chmelnica	-	-	-	5,125/3,591
2009					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q_{\min} a Q_{355}
Javorinka	Podspády	-	-	-	0,320/0,298
Poprad	Matejovce	-	-	-	1,470/1,226
Poprad	Chmelnica	-	-	-	5,700/3,591

Hodnotenie posledných 4 rokov 2006 – 2009 je v TAB. 6. 2. 3. Pri hodnotení posledných 4 rokov, klesli prietoky pod hodnotu Q_{355} len v roku 2006 na Javorinke 7 dní, na hornom Poprade 1 deň a na dolnom Poprade 6 dní. Minimálne prietoky boli menšie ako Q_{355} taktiež len v roku 2006. V týchto rokoch nebolo zaznamenané hydrologické sucho.

Povodie Moravy a Dunaja

V povodí sme hodnotili 20 vodomerných staníc. V nasledujúcich tabuľkách sú uvedené výsledky z 5 vodomerných staníc – ostatné sú uvedené v TABUĽKOVEJ PRÍLOHE

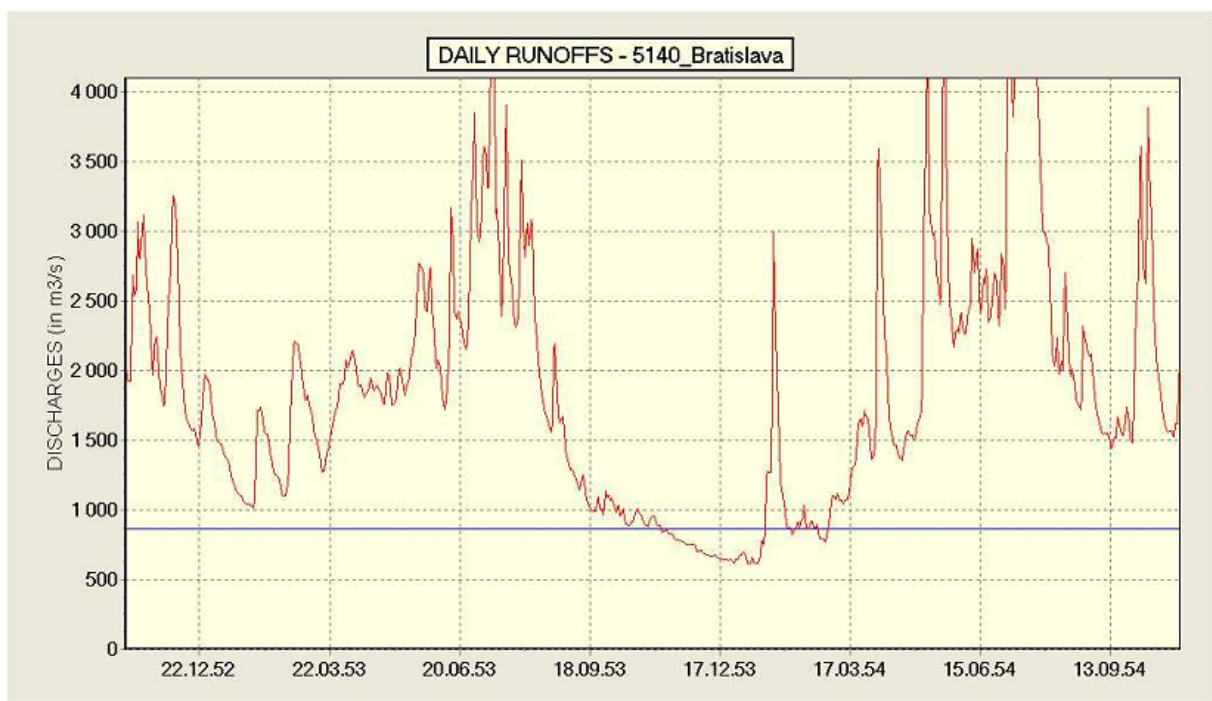
1. Hodnotíme najdlhšie podkročenie prietoku pod Q_{355} , počet podkročení, ich početnosť výskytu v 4 intervaloch, trendy časov trvania malej vodnosti a malú vodnosť v posledných 4 uplynulých rokoch.

Na samotnom Dunaji je zimný výskyt malej vodnosti. Najdlhšie podkročenie Q_{355} v Bratislave bolo na prelome rokov 1953 a 1954, ktoré trvalo 73 dní. Na Myjave najdlhšie podkročenie Q_{355} bolo v zime 1973. Na ostatných malých prítokoch je letný režim výskytu a kritické roky boli 90 roky.

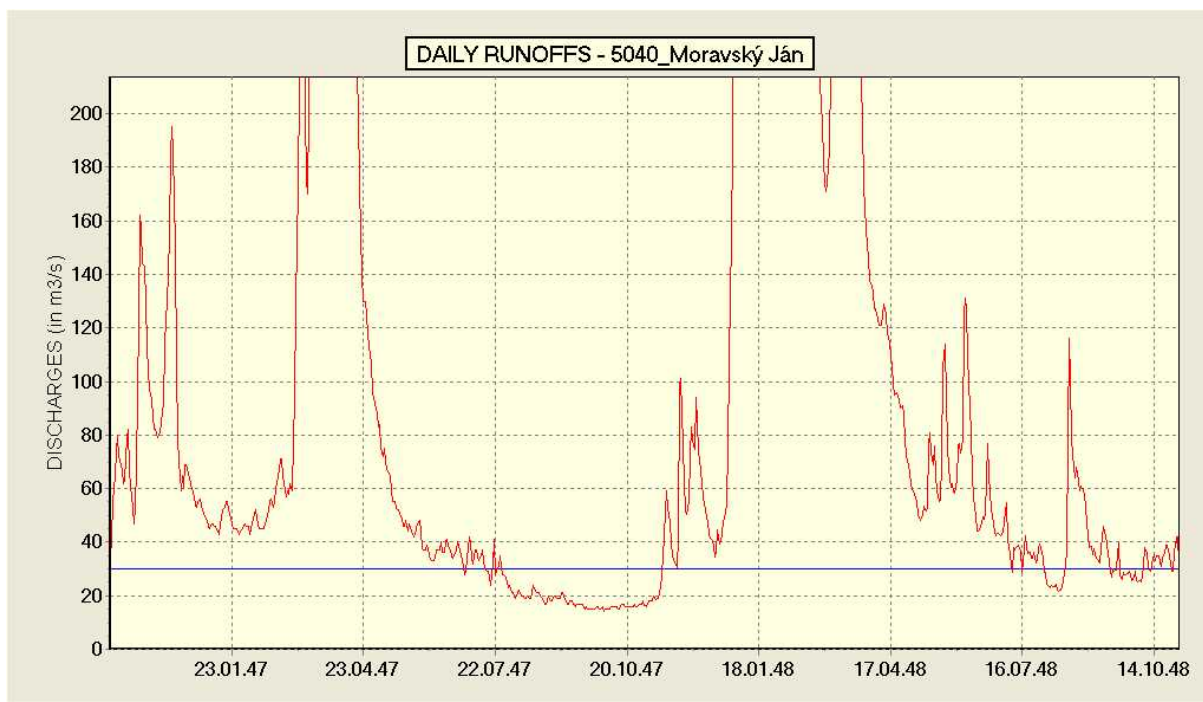
Na Morave je typický letný režim výskytu. Najdlhšie podkročenie bolo na jeseň v roku 1947, ktoré trvalo 65 dní.

Dlhšie ako 30 dňové podkročenie sa na Morave vyskytlo 8 krát a na Dunaji 7 krát za pozorované obdobie (TAB. 6. 2. 5.).

Na OBR. 6. 2. 3. je najdlhšie obdobie malej vodnosti na Dunaji v Bratislave. Na OBR. 6. 2. 4. je najdlhšie obdobie mlej vodnosti na Morave v Moravskom Jáne. V TAB. 6. 2. 4. sú najdlhšie obdobia malej vodnosti vo vybraných povodiach Moravy a Dunaja. V TAB. 6. 2. 5. je celkový počet výskytov malej vodnosti pod Q_{355} a počet výskytov v 4 intervaloch.



OBR. 6. 2. 3. Malá vodnosť na Dunaji v Bratislave na prelome rokov 1953 a 1954



OBR. 6. 2. 4. Malá vodnosť na Morave v Moravskom Jáne v roku 1947

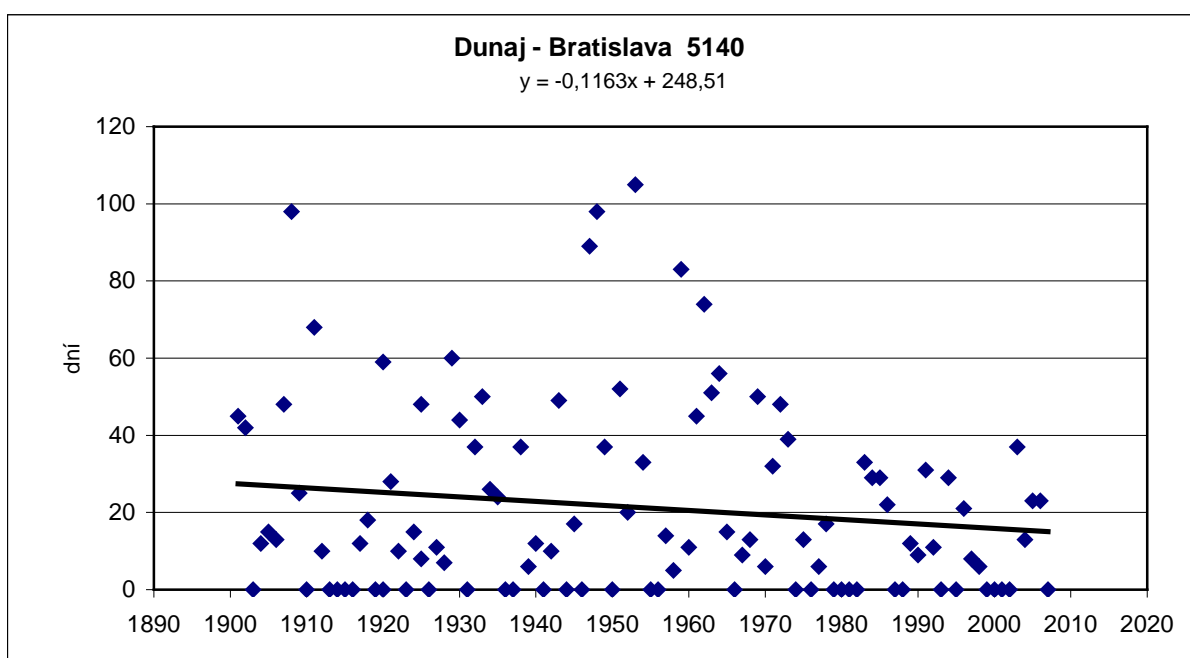
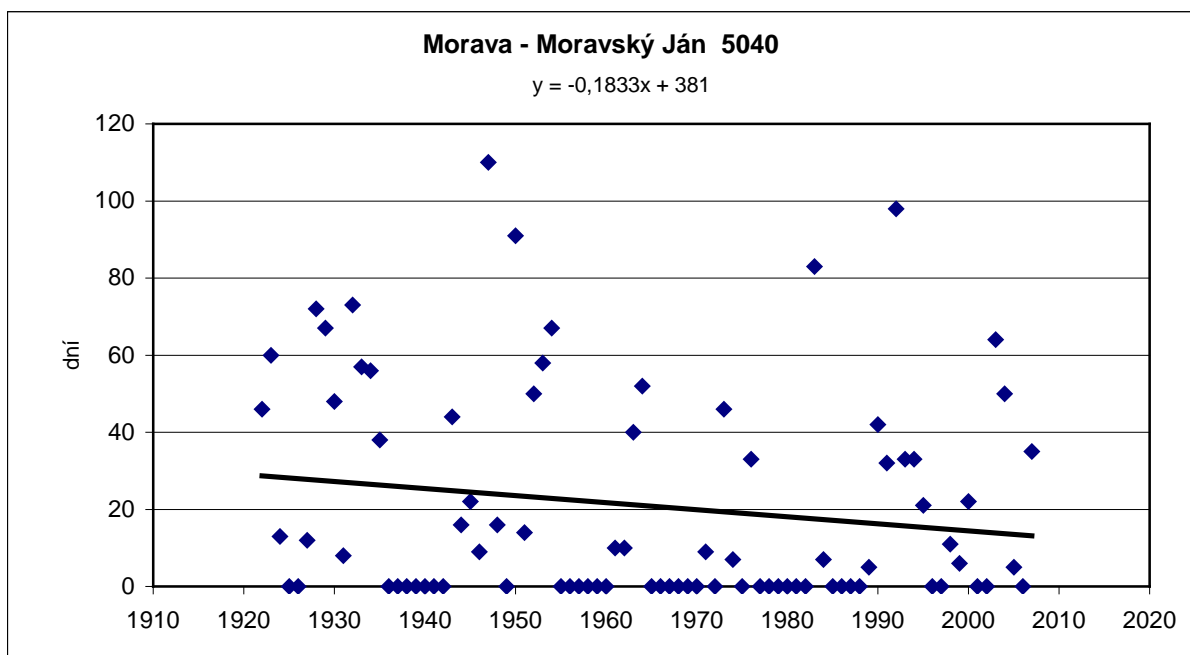
TAB. 6. 2. 4. Najdlhšie trvania malej vodnosti v povodí Moravy a Dunaja vo vybraných vodomerných staniciach – podkročenie Q_{355}

Tok	Stanica	Obdobie hodnotenia	Začiatok	Koniec	Trvanie[dni]
Morava	Moravský Ján	1922-2007	7.9.1947	10.11.1947	65
Vydrica	Spariská	1961-2009	2.8.1992	25.10.1992	84
Dunaj	Bratislava	1900-2009	6.11.1953	17.1.1954	73

TAB. 6. 2. 5. Počet výskytov malej vodnosti: celkový a v 4 intervaloch v povodí Dunaja a Moravy

Tok - profil	Celkový počet	Počet do 10 dní	Počet v intervale 11 až 20 dní	Počet v intervale 21 až 30 dní	Počet nad 30 dní
Morava-Moravský Ján	44	16	13	7	8
Vydrica-Spariská	15	3	6	1	5
Dunaj-Bratislava	55	23	17	8	7

OBR. 6. 2. 5. Trend trvania malej vodnosti vo vodomerných staniciach s dlhým radom pozorovania v povodí Moravy a Dunaja



OBR. 6. 2. 5. Trendy trvania malej vodnosti vo vodomerných staniciach s dlhým radom pozorovania v povodí Moravy a Dunaja

Vo vodomerných staniciach Morava – Moravský Ján sme hodnotili vývoj trvania malej vodnosti – v oboch prípadoch vykazujú mierny pokles dĺžky trvania malej vodnosti (OBR. 6. 2. 4.).

TAB 6. 2. 6. Hodnotenie rokov 2006 – 2009 trvanie podkročenia pod Q_{355} a dosiahnutý minimálny prietok v povodí Moravy a Dunaja

2006

Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q_{\min} a Q_{355}
Morava	Moravský Ján	-	-	-	27,204/23,740
Dunaj	Bratislava	30.1.2006	31.1.2006	2	832,917/913
2007					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q_{\min} a Q_{355}
Morava	Moravský Ján	3.8.2007	12.8.2007	10	17,831/23,740
Dunaj	Bratislava	25.12.2006	1.1.2007	8	872,708/913
2008					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q_{\min} a Q_{355}
Morava	Moravský Ján	-	-	-	26,675/23,740
Dunaj	Bratislava	-	-	-	958,542/913
2009					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q_{\min} a Q_{355}
Morava	Moravský Ján	-	-	-	31,132/23,740
Dunaj	Bratislava	12.1.2009	12.1.2009	1	896,042/913

Hodnotenie posledných 4 rokov 2006 – 2009 je v TAB. 6. 2. 6. Pri hodnotení posledných 4 rokov klesli prietoky pod hodnotu Q_{355} na Dunaji v 3 rokoch, najdlhší pokles bol v zime v roku 2007 a trval 8 dní. Na Morave bol pokles len v lete v roku 2007 a trval 10 dní. V týchto rokoch nebolo zaznamenané hydrologické sucho.

Povodie Malého Dunaja

V povodí sme hodnotili 10 vodomerných staníc. V tabuľke sú uvedené výsledky z 3 vodomerných staníc – ostatné sú uvedené v TABUĽKOVEJ PRÍLOHE 1. Ďalej uvádzame hodnotenie povodí vo vybraných profiloch. Hodnotíme najdlhšie podkročenie prietoku pod Q_{355} , počet podkročení, ich početnosť výskytu v 4 intervaloch, trendy časov trvania malej vodnosti a malú vodnosť v posledných 4 uplynulých rokoch.

Najdlhšie obdobia malej vodnosti sa vyskytli na jeseň v roku 1979, v lete v roku 1990 a v lete 1971. V TAB. 6. 2. 7. sú najdlhšie obdobia malej vodnosti vo vybraných povodiach Malého Dunaja.

TAB. 6. 2. 7. Najdlhšie obdobia malej vodnosti v povodí Malého Dunaja vo vybraných vodomerných staniciach – podkročenie Q_{355}

Tok	Stanica	Obdobie hodnotenia	Začiatok	Koniec	Trvanie[dni]
Šúrsky kanál	Svätý Jur	1968-2009	27.9.1979	13.11.1979	48
Trnávka	Bohdanovce	1961-2009	14.6.1990	15.7.1990	30

Dolný	Čierny Brod	1968-2009	3.7.1971	13.9.1971	73
-------	-------------	-----------	----------	-----------	----

TAB 6. 2. 8. Hodnotenie rokov 2006 – 2009 trvanie podkročenia pod Q_{355} a dosiahnutý minimálny prietok v povodí Malého Dunaja

2006					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q_{\min} a Q_{355}
Šúrsky kanál	Svätý Jur	-	-	-	0,204/0,108
Trnávka	Bohdanovce	-	-	-	0,104/0,074
Dolný	Čierny Brod	-	-	-	0,203/0,120
2007					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q_{\min} a Q_{355}
Šúrsky kanál	Svätý Jur	-	-	-	0,317/0,108
Trnávka	Bohdanovce	-	-	-	0,137/0,074
Dolný	Čierny Brod	-	-	-	0,219/0,120
2008					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q_{\min} a Q_{355}
Šúrsky kanál	Svätý Jur	-	-	-	0,133/0,108
Trnávka	Bohdanovce	1.4.2008	28.4.2008	28	0,033/0,074
Dolný	Čierny Brod	-	-	-	0,182/0,120
2009					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q_{\min} a Q_{355}
Šúrsky kanál	Svätý Jur	20.9.2009	30.9.2009	11	0,100/0,108
Trnávka	Bohdanovce	8.10.2009	21.10.2009	14	0,020/0,074
Dolný	Čierny Brod	-	-	-	0,126/0,120

Hodnotenie posledných 4 rokov 2006 – 2009 je v TAB. 6. 2. 8. Pri hodnotení posledných 4 rokov, klesli prietoky na dlhšiu dobu pod hodnotu Q_{355} len na Trnávke v roku 2008 počas 28 dní a v roku 2009 počas 11 dní. V týchto rokoch nebolo zaznamenané významné hydrologické sucho.

Povodie Váhu a Nitry

V povodí sme hodnotili 88 vodomerných staníc. V nasledujúcich tabuľkách sú uvedené výsledky zo 16 vodomerných staníc – ostatné sú uvedené v TABUĽKOVEJ PRÍLOHE 1. Hodnotíme najdlhšie podkročenie prietoku pod Q_{355} , počet podkročení, počet

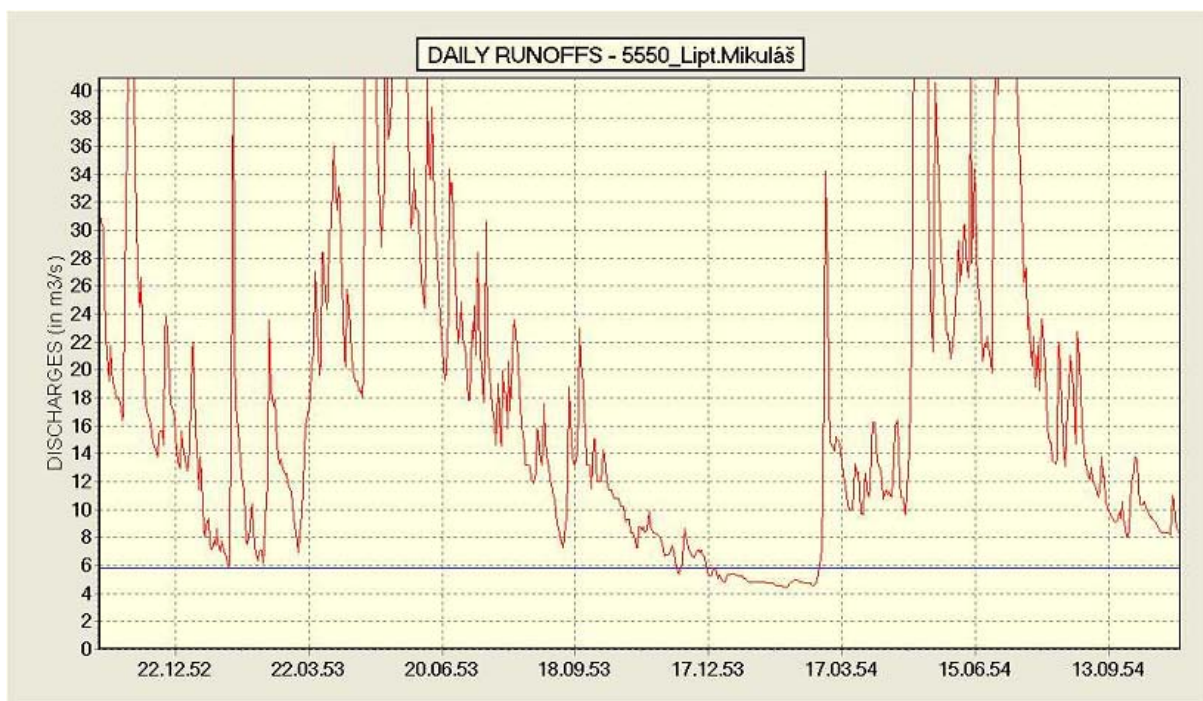
výskytov v 4 intervaloch, trendy trvania časov trvania malej vodnosti a malú vodnosť v posledných 4 uplynulých rokoch.

Na hornom Váhu po Ľubochianku sa najdlhšie suchá vyskytujú v zime. Zaznamenané boli na prelome rokov 1946 a 47 na Bielom Váhu - 63 dní, na prelome rokov 1943 a 44 na Belej 123 dní, na prelome rokov 1953 a 54 na Váhu v Liptovskom Mikuláši 76 dní, na prelome rokov 1972 a 73 na Revúcej 100 dní a Ľubochianke 56 dní.

Na strednom a dolnom povodí boli najväčšie suchá v letno – jesennom období. Na Kysuci v jeseni v roku 1951, na Rajčianke v roku 1947.

Na Nitre boli najdlhšie suchá v 40 rokoch v letno jesennom období. V Nedožieroch sucho trvalo v roku 1947 91 dní, v Nitrianskej Strede v tom istom roku 103 dní. Na Nitrici bolo najsuchšie v roku 1950 a na Žitave v roku 1962. Dlhšie ako 30 dňové podkročenie sa na Belej vyskytlo až 11 krát (v dôsledku tuhých zím), na ostatných povodiach 3 až 7 krát (TAB. 6. 2. 9.).

Na OBR. 6. 2. 6. je najdlhšie obdobie sucha na Váhu v Liptovskom Mikuláši. V TAB. 6. 2. 9. sú najdlhšie suchá vo vybraných povodiach Váhu a Nitry. V TAB. 6. 2. 10. je celkový počet výskytov malej vodnosti pod Q_{355} a počet výskytov v 4 intervaloch.



OBR. 6. 2. 6. Malá vodnosť na Váhu v Liptovskom Mikuláši na prelome rokov 1953 a 1954

TAB. 6. 2. 9. Najväčšie suchá v povodí Váhu a Nitry vo vybraných vodomerných staniciach – podkročenie Q_{355}

Tok	Stanica	Obdobie hodnotenia	Začiatok	Koniec	Trvanie[dni]
-----	---------	--------------------	----------	--------	--------------

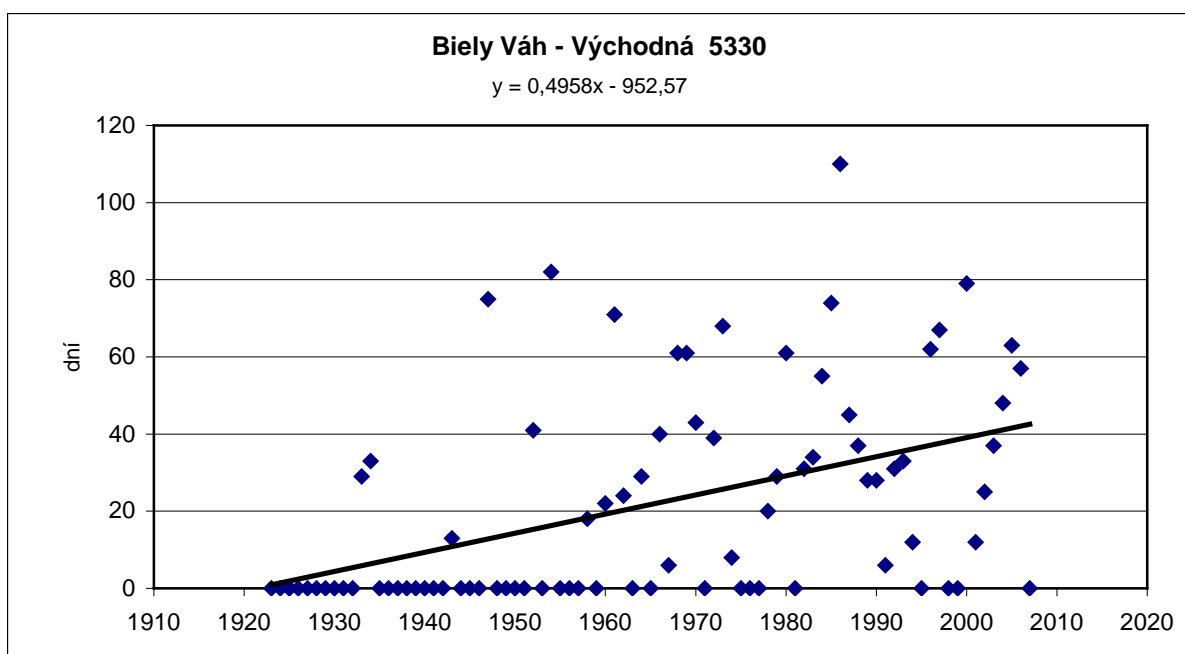
Biely Váh	Východná	1923-2009	23.12.1946	23.2.1947	63
Belá	Podbanské	1928-2009	11.12.1943	11.4.1944	123
Váh	Liptovský Mikuláš	1921-2009	16.12.1953	1.3.1954	76
Revúca	Podsúchá	1928-2009	16.12.1972	26.3.1973	100
Ľubochňanka	Ľubochňa	1931-2009	12.1.1972	8.3.1972	56
Turiec	Martin	1931-2009	6.9.1947	31.10.1947	55
Kysuca	Čadca	1931-2009	7.9.1951	23.11.1951	78
Kysuca	Kysucké Mesto	1931-2009	1.10.1951	21.11.1951	52
Rajčianka	Poluvsie	1931-2009	16.8.1947	17.10.1947	63
Biela voda	Dohňany	1961-2009	27.7.2003	28.9.2003	63
Gidra	Píla	1961-2009	13.7.1967	8.9.1967	58
Nitra	Nedožery	1941-2009	3.8.1947	1.11.1947	91
Handlovka	Handlová	1931-2009	17.7.1946	31.10.1946	106
Nitrica	Liešťany	1949-2009	29.6.1950	1.9.1950	60
Nitra	Nitrianska Streda	1931-2009	31.7.1947	10.11.1947	103
Žitava	Vieska nad Žitavou	1961-2009	4.8.1962	2.10.1962	58

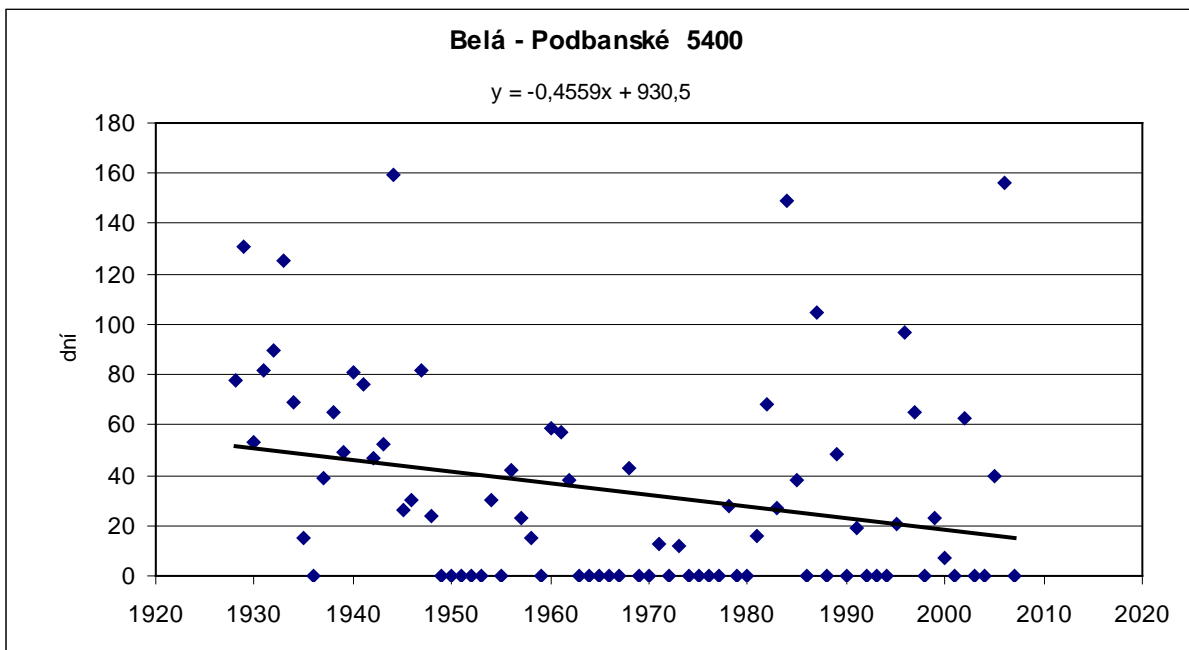
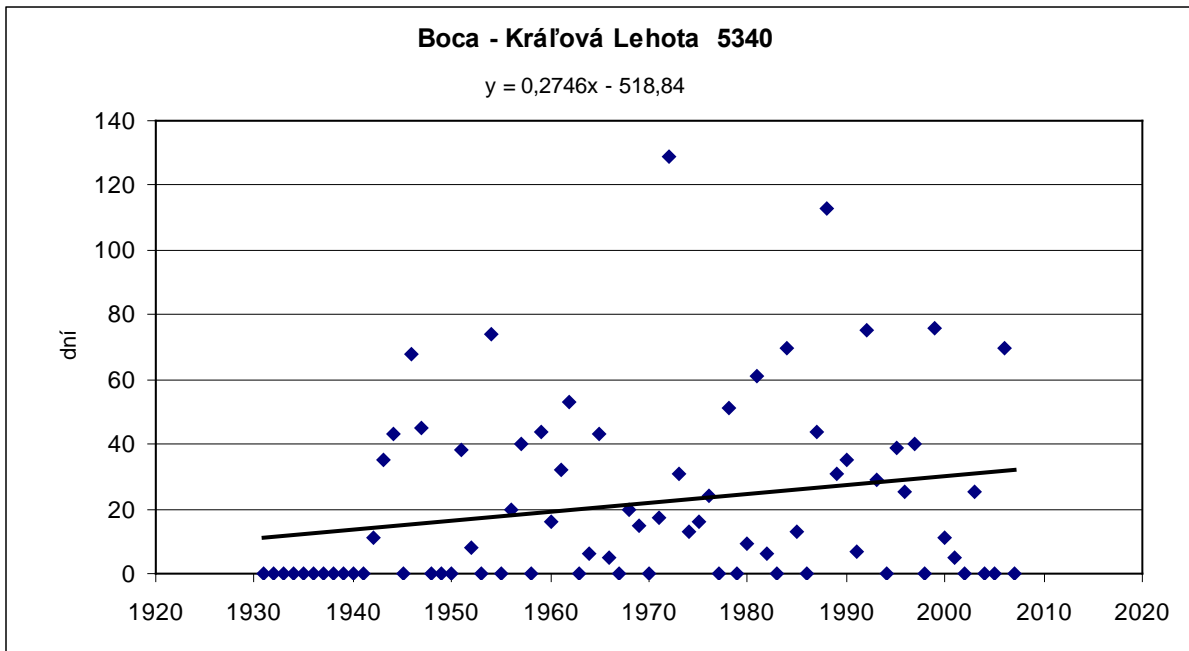
TAB. 6. 2. 10. Počet výskytov malej vodnosti: celkový a v 4 intervaloch v povodí Váhu a Nitry

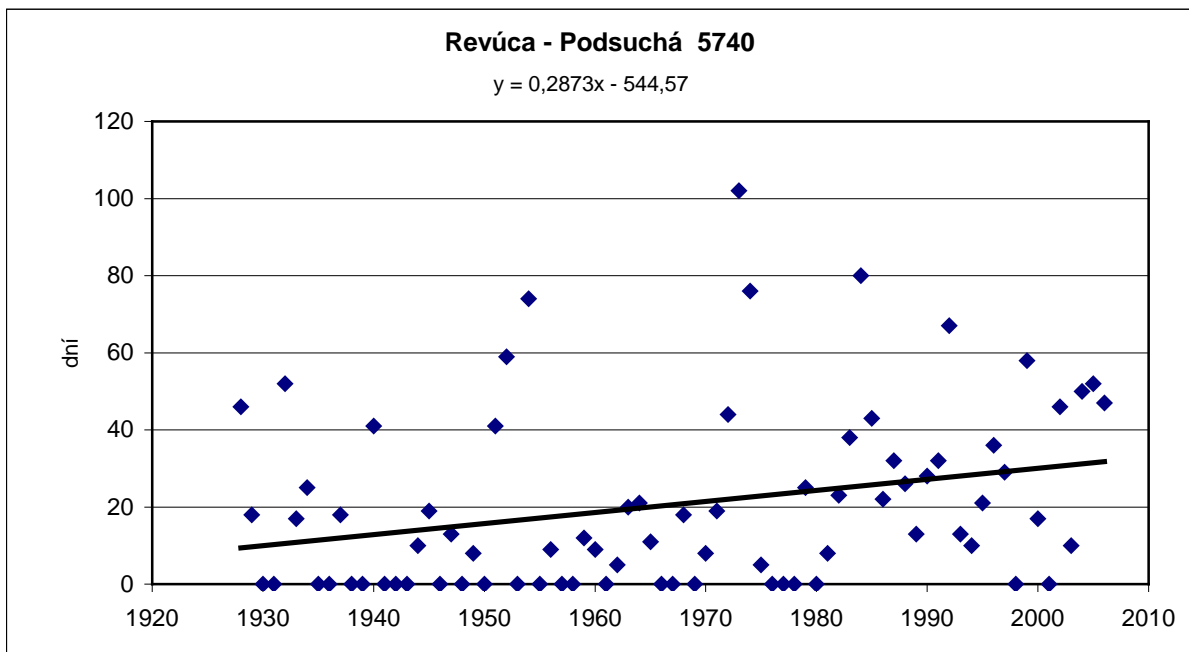
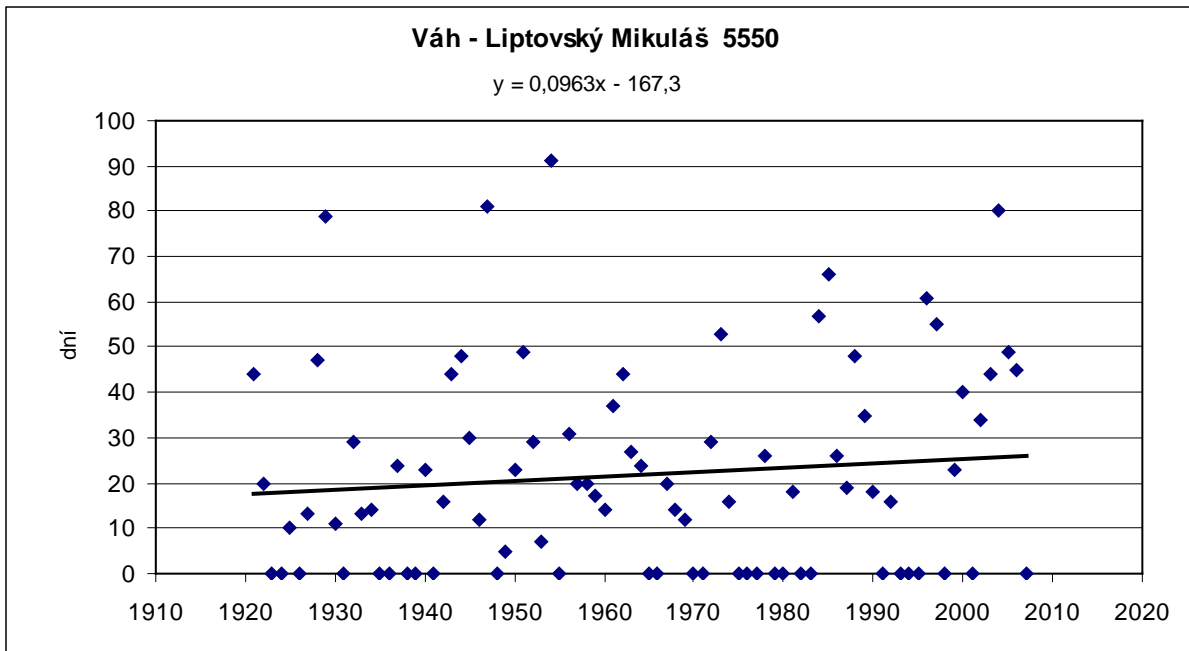
Tok - profil	Celkový počet	Počet do 10 dní	Počet v intervale 11 až 20 dní	Počet v intervale 21 až 30 dní	Počet nad 30 dní
Biely Váh-Východná	35	13	11	5	6
Belá-Podbanské	22	5	2	4	11
Váh-Liptovský Mikuláš	42	18	12	6	6
Revúca-Podsúchá	39	15	14	3	7
Ľubochňanka-Ľubochňa	44	23	13	4	4
Turiec-Martin	46	24	14	3	5
Kysuca-Čadca	57	33	18	3	3
Kysuca-Kysucké Nové Mesto	48	22	16	5	5
Rajčianka-Poluvsie	42	20	12	3	7
Biela voda-Dohňany	22	6	10	2	4

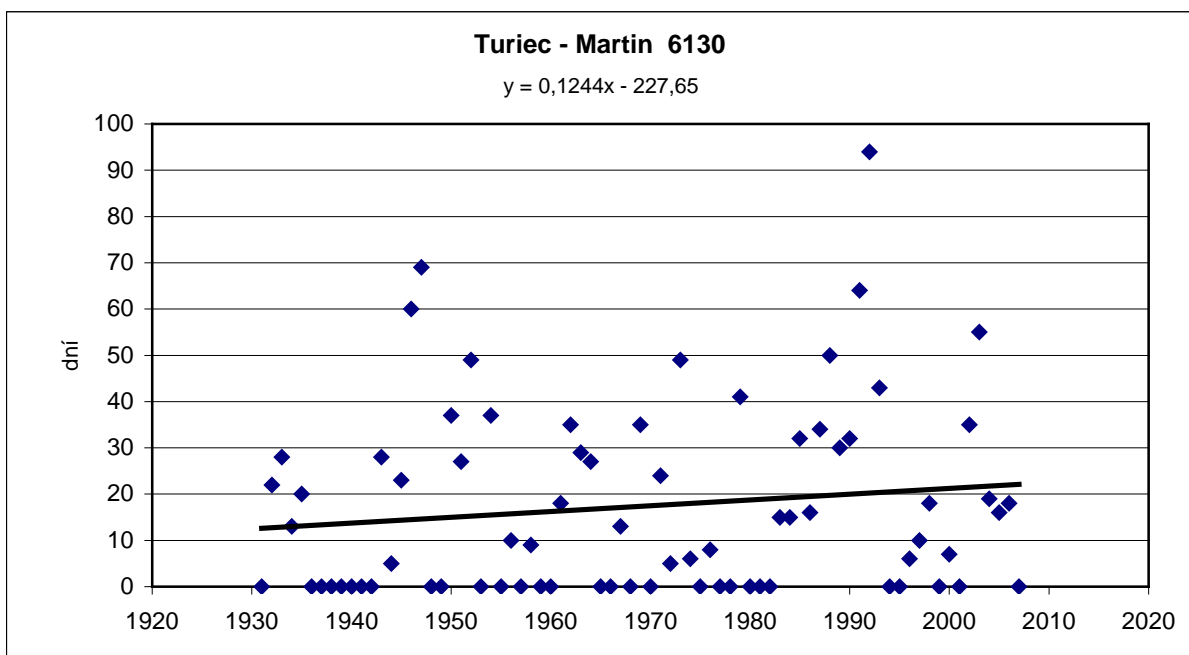
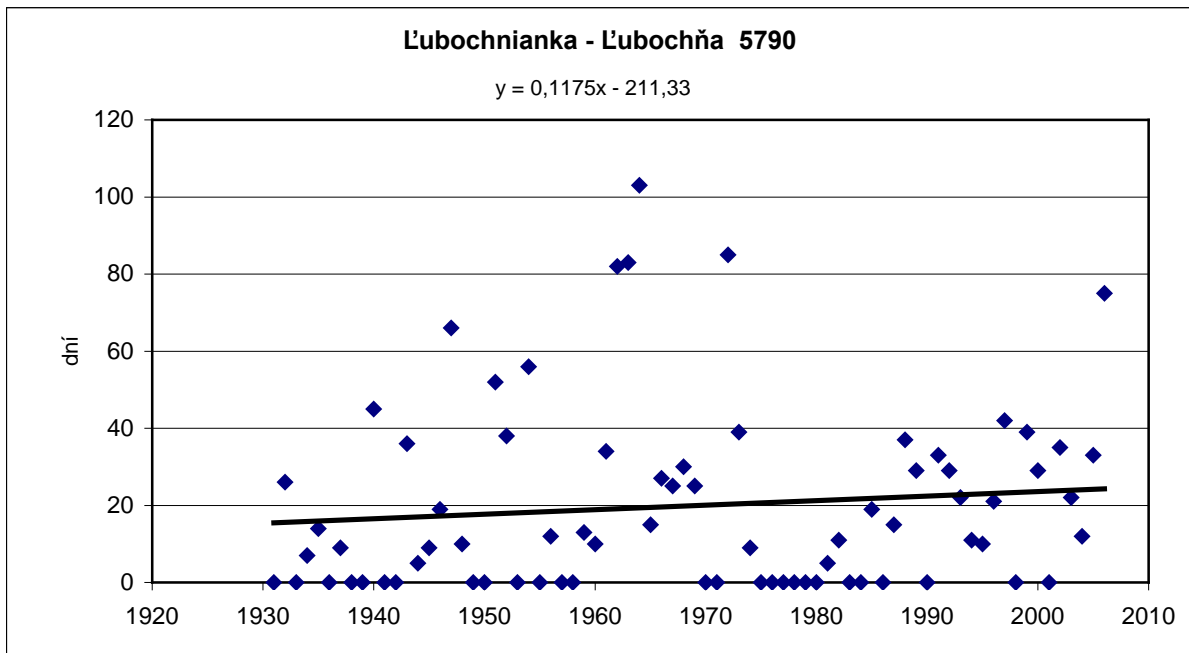
Gidra-Píla	35	20	8	2	5
Nitra-Nedožier	28	11	10	0	7
Handlovka-Handlová	37	19	8	4	6
Nitrica-Lešťany	26	13	5	4	4
Nitra-Nitrianska Streda	35	14	11	3	7
Žitava-Vieska nad Žitavou	21	10	4	3	4

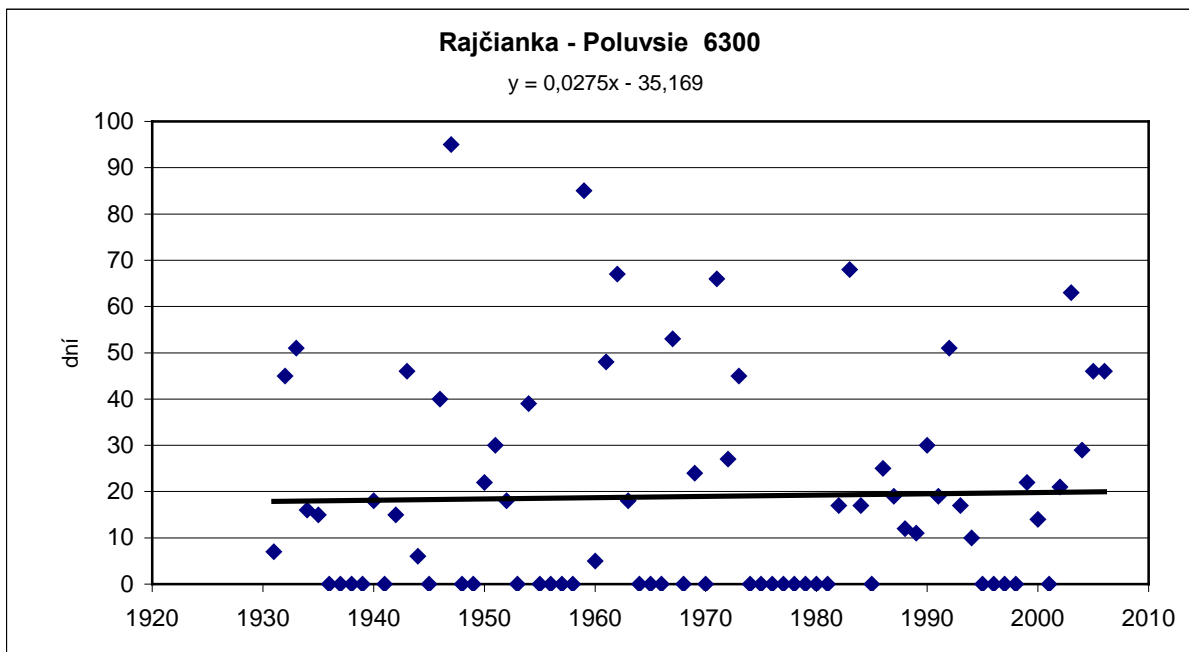
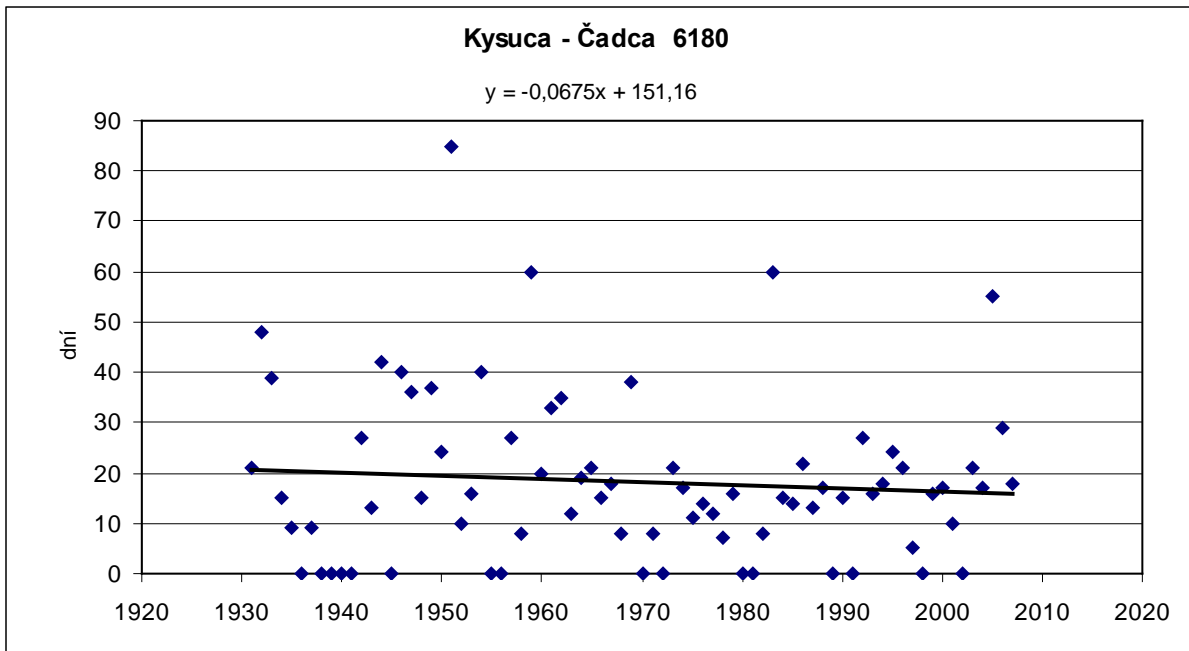
OBR. 6. 2. 7. Trendy trvania malej vodnosti vo vodomerných staniach s dlhým radom pozorovania v povodí Váhu a Nitry.

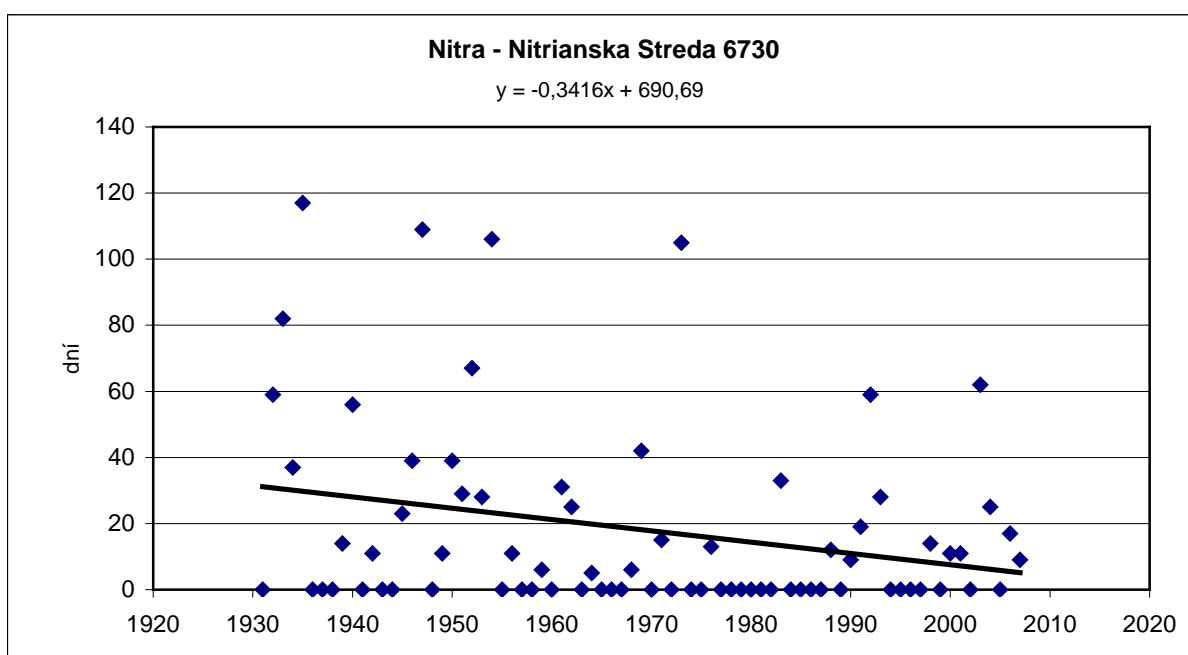
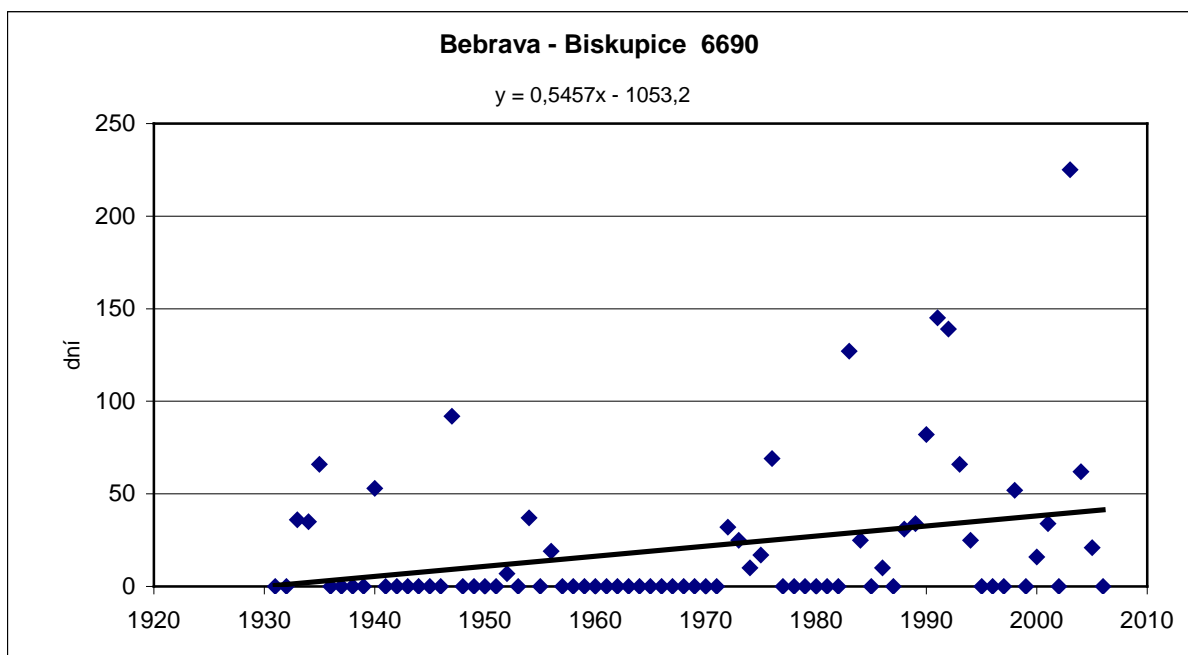












OBR. 6. 2. 7. Trendy trvania malej vodnosti vo vodomerných staniciach s dlhým radom pozorovania v povodí Váhu a Nitry.

Vo vodomerných staniciach Biely Váh – Východná, Boca – Kráľova Lehota, Belá – Podbanské, Váh – Liptovský Mikuláš, Revúca – Posuchá, Ľubochnianka – Ľubochňa, Turiec – Martin, Kysuca – Čadca, Rajčianka – Poluvsie, Bebrava – Biskupice, Nitra – Nitrianska Streda sme hodnotili trendy trvania malej vodnosti. Vo väčšine prípadov trvanie malej vodnosti má narastajúci trend, len Kysuca, Nitra a Belá majú klesajúci trend vývoja trvania malej vodnosti (OBR. 6. 2. 7.).

TAB. 6. 2. 11. Hodnotenie rokov 2006 – 2009 trvanie podkročenia pod Q_{355} a dosiahnutý minimálny prietok v povodí Váhu a Nitry

2006					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q_{\min} a Q_{355}
Váh	Liptovský Mikuláš	2.3.2006	21.3.2006	20	5,275/6,237
Turiec	Martin	-	-	-	3,533/3,300
Nitra	Nitrianska Streda	24.11.2005	24.11.2005	1	3,873/3,879
2007					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q_{\min} a Q_{355}
Váh	Liptovský Mikuláš	-	-	-	6,696/6,237
Turiec	Martin	-	-	-	3,86/3,300
Nitra	Nitrianska Streda	19.8.2007	19.8.2007	1	3,767/3,879
2008					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q_{\min} a Q_{355}
Váh	Liptovský Mikuláš	-	-	-	7,947/6,237
Turiec	Martin	-	-	-	3,669/3,300
Nitra	Nitrianska Streda	-	-	-	4,584/3,879
2009					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q_{\min} a Q_{355}
Váh	Liptovský Mikuláš	-	-	-	7,393/6,237
Turiec	Martin	7.11.2008	8.11.2008	2	3,253/3,300
Nitra	Nitrianska Streda	-	-	-	4,348/3,879

Hodnotenie posledných 4 rokov 2006 – 2009 je v TAB. 6. 2. 11. Pri hodnotení posledných 4 rokov, klesli prietoky pod hodnotu Q_{355} na Váhu len v roku 2006 v marci po dobu 20

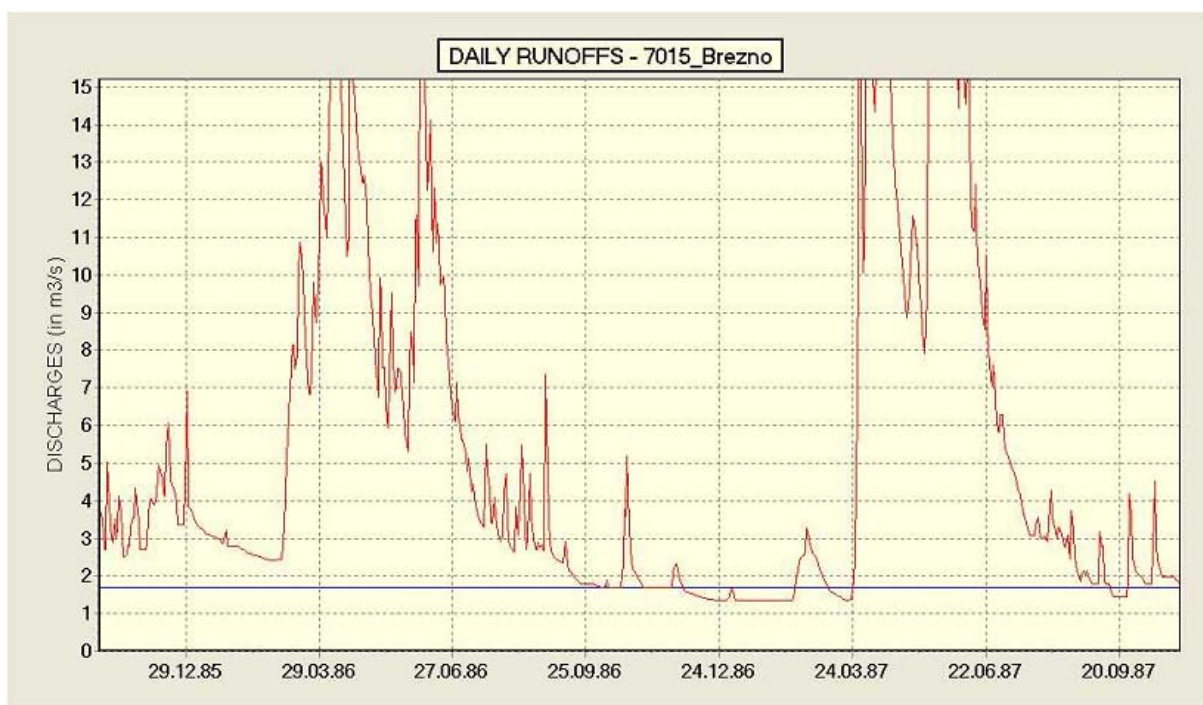
dní. Na Nitre nebol prakticky za celé 4 roky pokles pod túto hodnotu. V týchto rokoch nebolo zaznamenané hydrologické sucho.

Povodie Hrona

V povodí sme hodnotili 35 vodomerných staníc. V nasledujúcich tabuľkách sú uvedené výsledky z 8 profilov – ostatné sú uvedené v TABUĽKOVEJ PRÍLOHE 1. Hodnotíme najdlhšie podkročenie prietoku pod Q_{355} , celkový počet podkročení, ich počet výskytu v 4 intervaloch, trendy časov trvania malej vodnosti a malú vodnosť v posledných 4 uplynulých rokoch.

Po Slovenskú Ľupču je výrazne zimný režim, pod týmto úsekom po Banskú Bystricu sú prítoky s letným režimom. Hron v Banskej Bystrici a časť povodia po Banskú Bystricu má zimný režim. Na dolnom úseku je letný režim výskytu malej vodnosti. Najkritickejšie roky boli roky: 1984, 1987, 1973, v dolnej časti povodia roky 1992 a 1993.

Na OBR. 6. 2. 8. je najdlhšie obdobie sucha na Hrone v Brezne. V TAB. 6. 2. 12. sú najdlhšie suchá vo vybraných povodiach Hrona. V TAB. 6. 2. 13. je celkový počet výskytov malej vodnosti pod Q_{355} a počet výskytov v 4 intervaloch.



OBR. 6. 2. 8. Malá vodnosť na Hrone v Brezne na prelome rokov 1986 a 1987

TAB. 6. 2. 12. Najväčšie suchá v povodí Hrona vo vybraných vodomerných staniciach – podkročenie Q_{355}

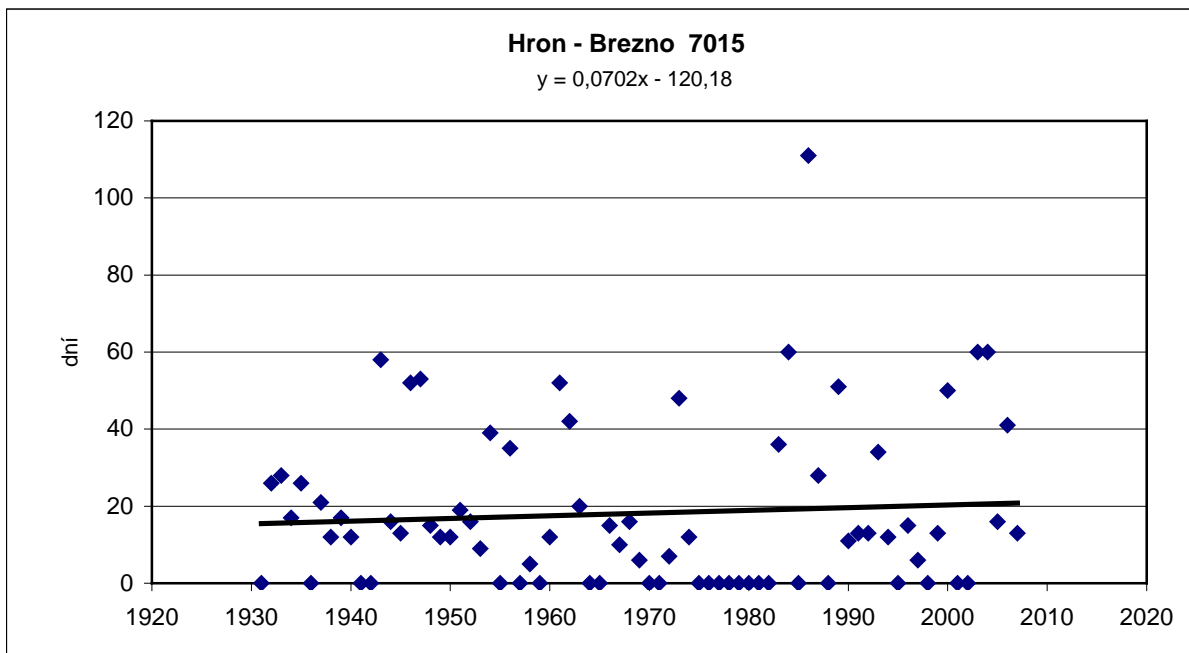
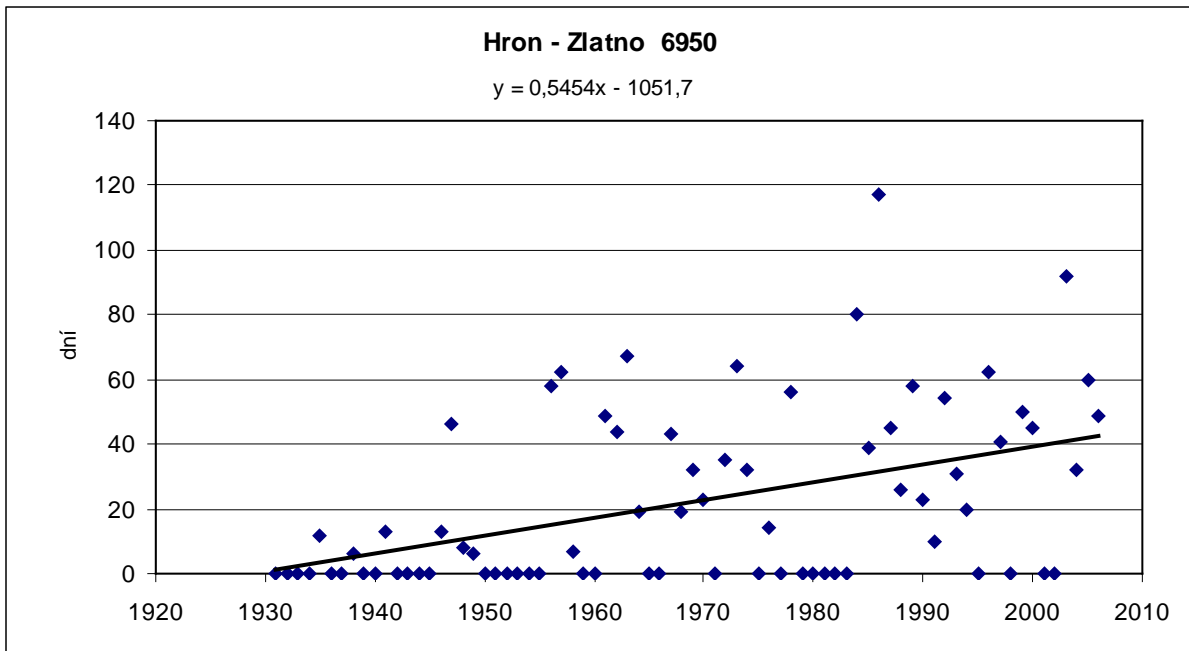
Tok	Stanica	Obdobie hodnotenia	Začiatok	Koniec	Trvanie[dni]
Hron	Zlatno	1931-2009	26.11.1986	17.2.1987	84

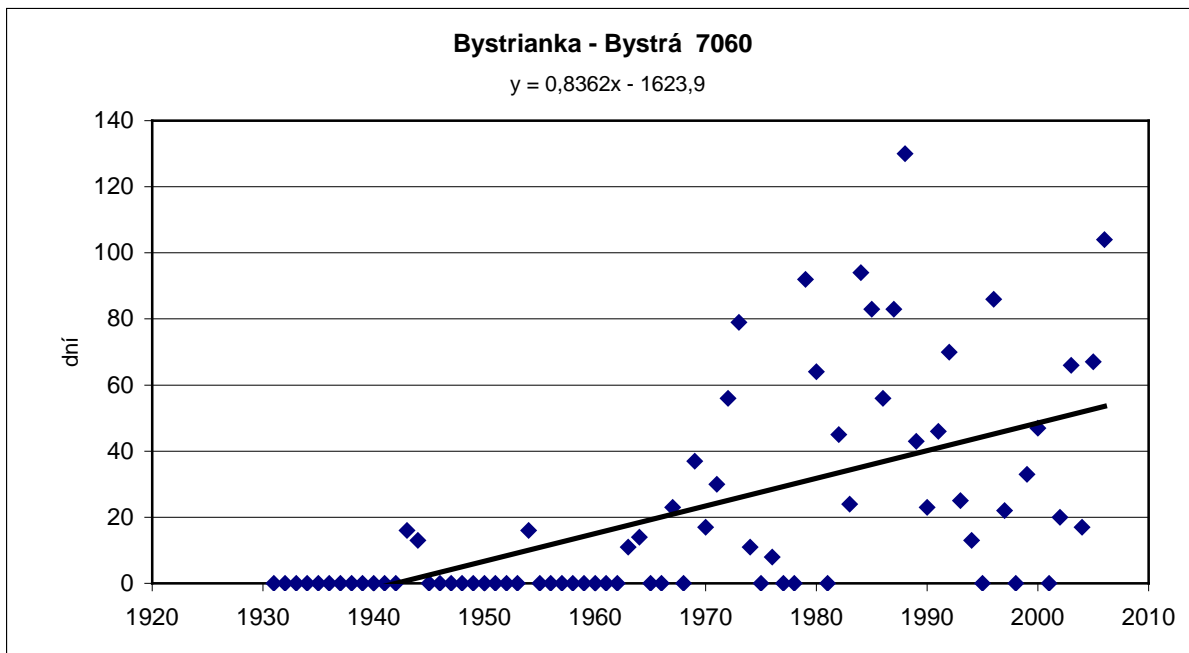
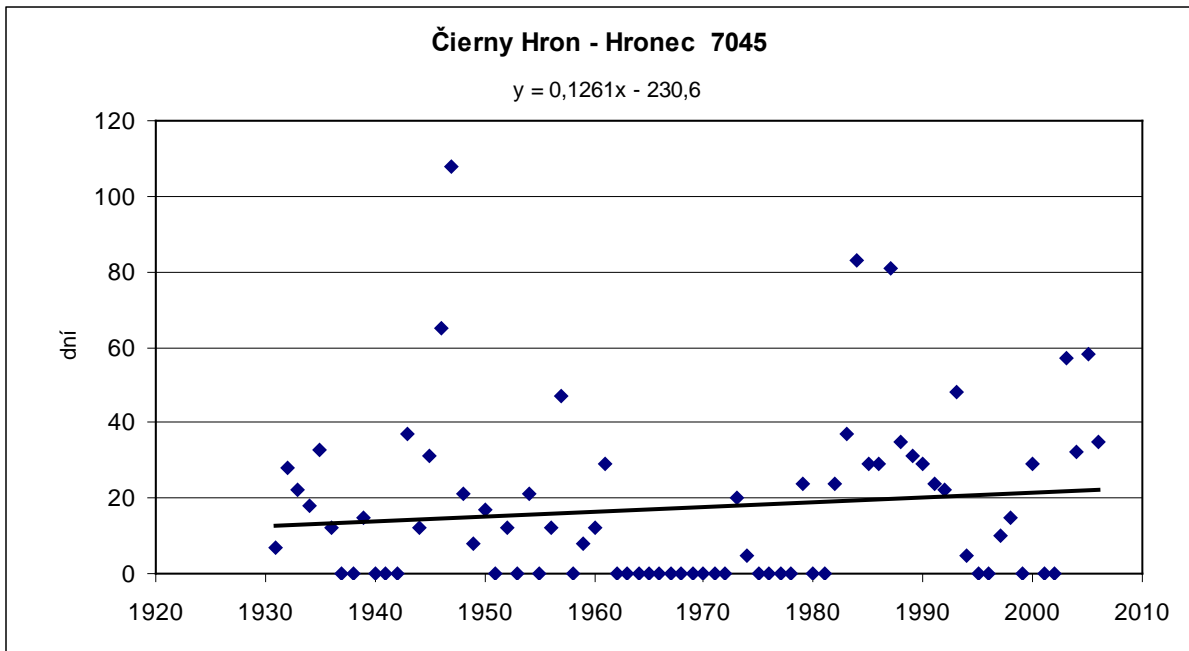
Hron	Brezno	1931-2009	30.11.1986	13.2.1987	76
Čierny Hron	Hronec	1931-2009	19.8.1947	20.9.1947	32
Bystrianka	Bystrá	1931-2009	19.8.1979	14.11.1979	83
Štiavnička	Mýto pod Ďumbierom	1931-2009	1.1.1989	19.2.1989	50
Vajskovský potok	Dolná Lehota	1931-2009	5.1.2006	21.3.2006	76
Hron	Banská Bystrica	1931-2009	22.1.1954	2.3.1954	40
Hron	Brehy	1931-2009	27.12.1953	1.3.1954	64

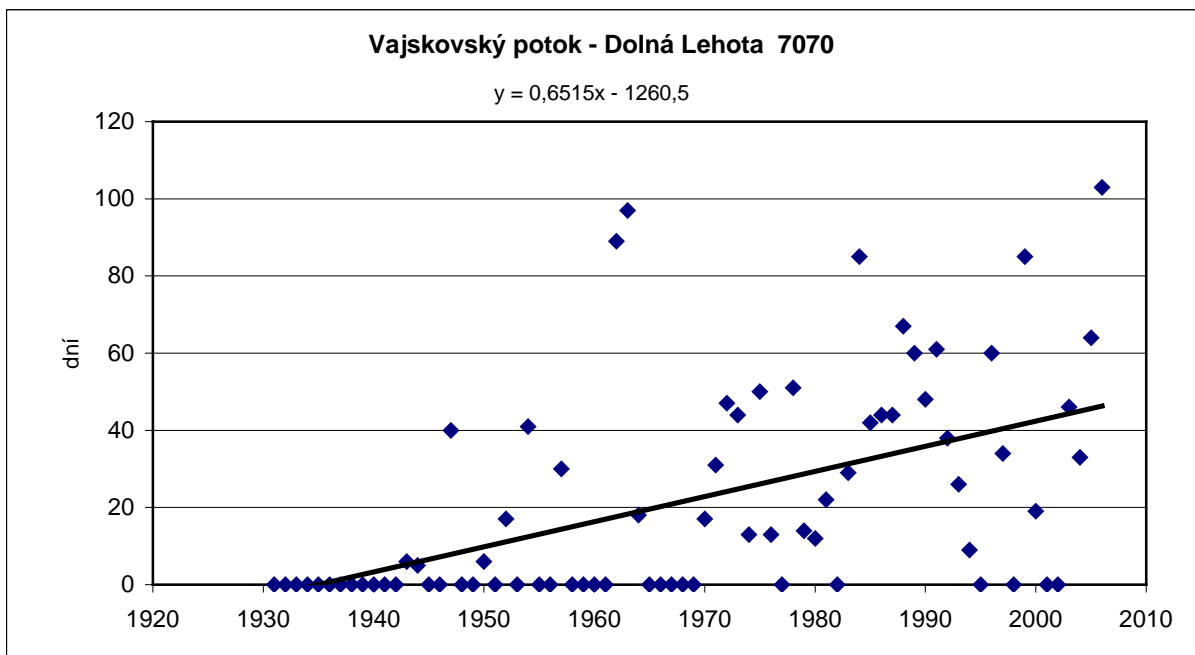
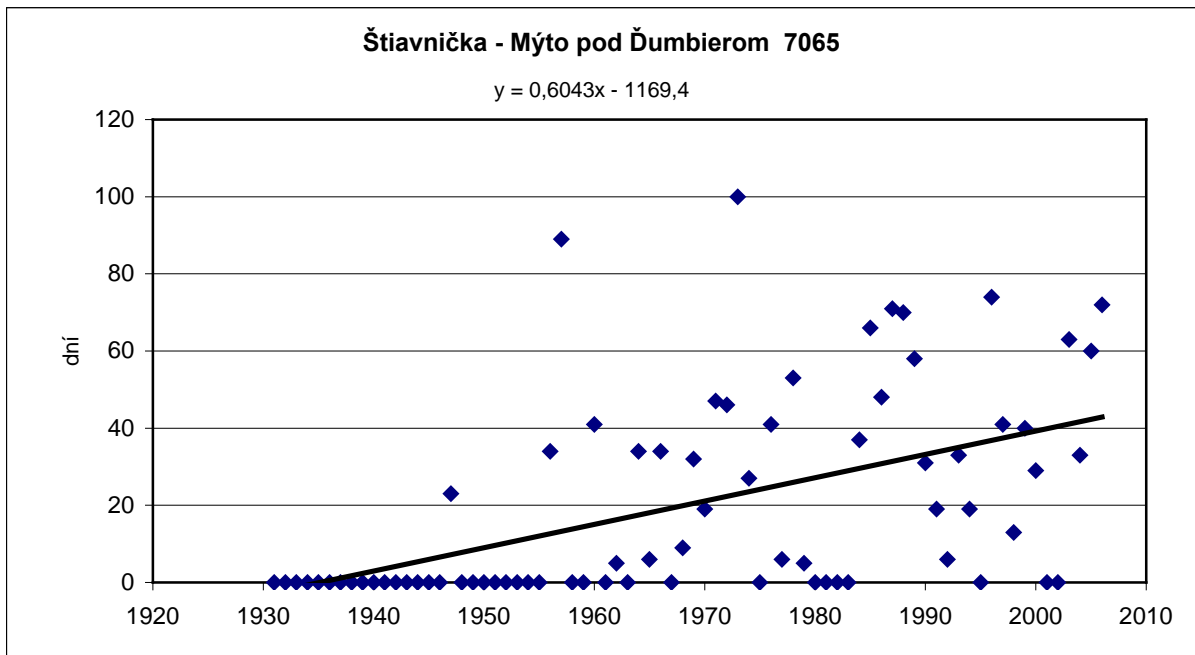
TAB. 6. 2. 13. Počet výskytov malej vodnosti: celkový a v 4 intervaloch v povodí Hrona

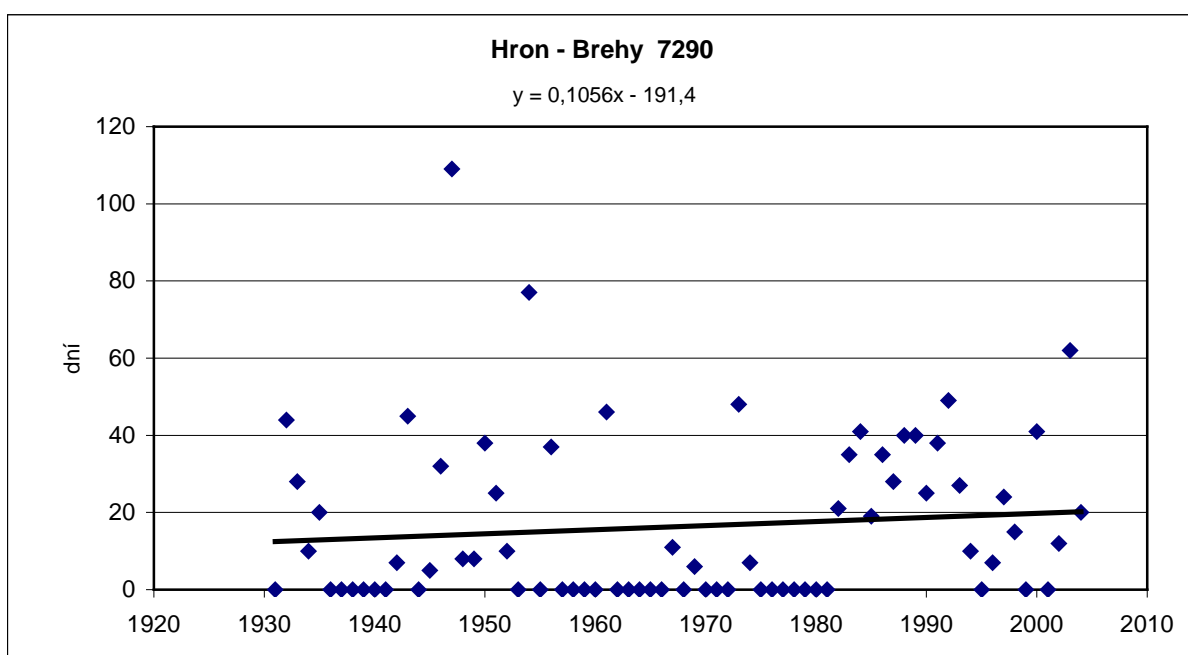
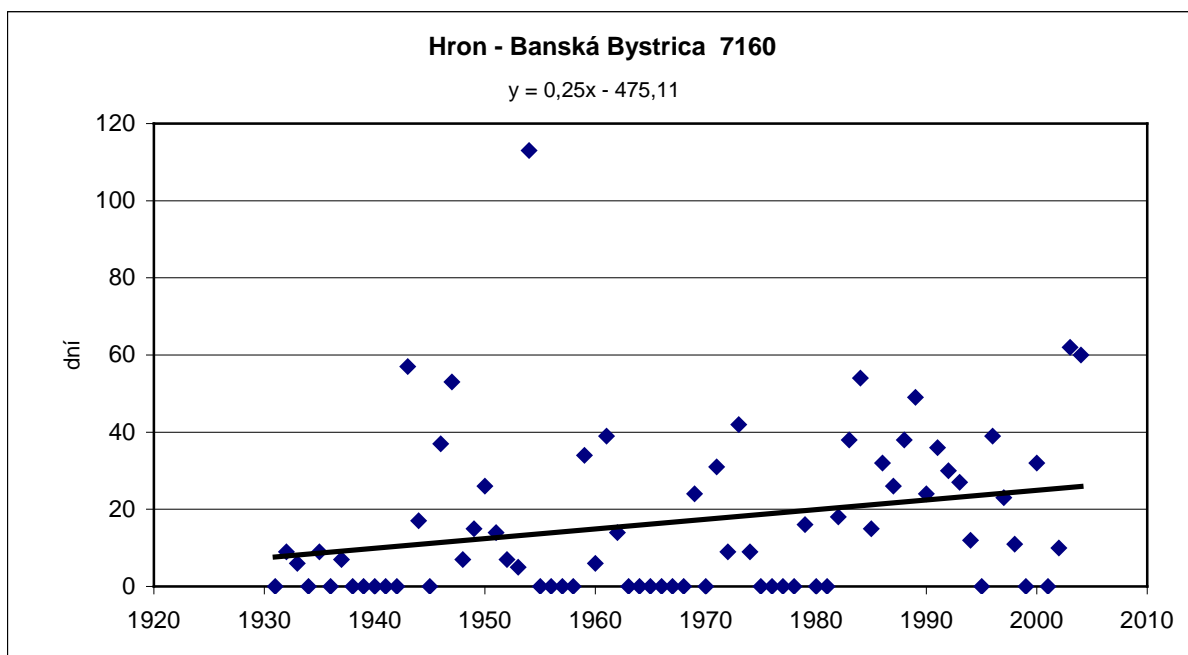
Tok - profil	Celkový počet	Počet do 10 dní	Počet v intervale 11 až 20 dní	Počet v intervale 21 až 30 dní	Počet nad 30 dní
Hron-Zlatno	41	16	12	8	5
Hron-Brezno	44	24	10	6	4
Čierny Hron- Hronec	55	28	17	8	2
Bystrianka- Bystrá	36	16	9	3	8
Štiavnička-Mýto pod Ďumbierom	46	23	13	6	4
Vajskovský potok-Dolná Lehota	30	10	7	4	9
Hron-Banská Bystrica	54	33	16	3	2
Hron-Brehy	47	28	13	3	3

OBR. 6. 2. 9. Trendy trvania malej vodnosti vo vodomerných staniciach s dlhým radom pozorovania v povodí Hrona









OBR. 6. 2. 9. Trendy trvania malej vodnosti vo vodomerných staniach s dlhým radom pozorovania v povodí Hrona

Vo vodomerných staniach Hron – Zlatno, Hron – Brezno, Čierny Hron – Hronec, Bystrianka – Bystrá, Štiavnička – Mýto pod Ďumbierom, Vajskovský – Dolná Lehota, Hron – Banská Bystrica, Hron – Brehy sme hodnotili trendy trvania malej vodnosti. Vo všetkých prípadoch má trvanie vzrastajúci trend (OBR. 6. 2. 9.).

TAB. 6. 2. 14. Hodnotenie rokov 2006 – 2009 trvanie podkročenia pod Q_{355} a dosiahnutý minimálny prietok v povodí Hrona

2006					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q_{\min} a Q_{355}
Hron	Zlatno	-	-	-	0,383/0,314
Hron	Banská Bystrica	7.11.2005	24.11.2005	18	5,434/7,549
Hron	Brehy	13.10.2006	25.10.2006	13	9,617/11,650
2007					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q_{\min} a Q_{355}
Hron	Zlatno	3.1.2007	4.1.2007	2	0,299/0,314
Hron	Banská Bystrica	26.12.2006	28.12.2006	3	5,884/7,549
Hron	Brehy	2.8.2007	8.8.2007	7	9,774/11,650
2008					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q_{\min} a Q_{355}
Hron	Zlatno	-	-	-	0,443/0,314
Hron	Banská Bystrica	4.1.2008	4.1.2008	1	7,030/7,549
Hron	Brehy	28.9.2008	1.10.2008	4	10,589/11,650
2009					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q_{\min} a Q_{355}
Hron	Zlatno	-	-	-	0,466/0,314
Hron	Banská Bystrica	20.9.2009	9.10.2009	20	6,440/7,549
Hron	Brehy	19.9.2009	8.10.2009	20	8,777/11,650

Hodnotenie posledných 4 rokov 2006 – 2009 je v TAB. 6. 2. 14. Pri hodnotení posledných 4 rokov, klesli prietoky pod hodnotu Q_{355} na Hrone v Banskej Bystrici a v Brehoch počas všetkých 4 hodnotených rokov. Najdlhší pokles bol v na jeseň v roku 2009 a trval 20 dní. Trvanie malej vodnosti je dlhšie ako priemerná hodnota (10 dní).

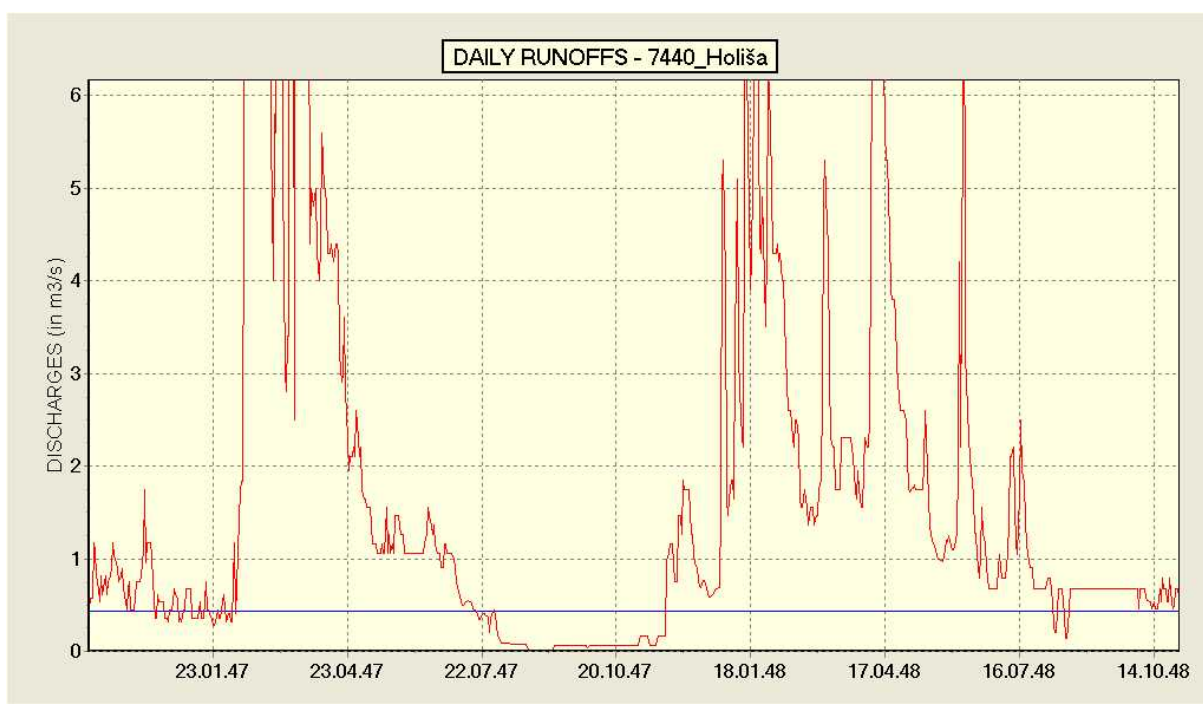
Povodie Ipľa

V povodí sme hodnotili 15 vodomerných staníc. V nasledujúcich tabuľkách sú uvedené výsledky z 4 profilov – ostatné sú uvedené v TABUĽKOVEJ PRÍLOHE 1. Hodnotíme najdlhšie podkročenie prietoku pod Q_{355} , celkový počet podkročení, počet

výskytu v 4 intervaloch, trendy časov trvania malej vodnosti a malú vodnosť v posledných 4 uplynulých rokoch.

Trvanie sucha v tomto povodí je extrémne dlhé. Veľmi suchý rok bol 1947. Podkročenie Q_{355} bolo na Ipli v Holiši takmer 4 mesiace, na Krivánskom potoku takmer 5 mesiacov. Rok 1947 bol v tomto povodí extrémny. Na obrázku je obdobie sucha na Ipli v Holiši. V celom povodí najdlhšie udalosti boli zaznamenané v lete. Najkritickejšie roky boli 1947, 1992, 1993. Dlhšie ako 30 dňové podkročenie sa vyskytlo 6 až 8 krát.

Na OBR. 6. 2. 10. je najdlhšie obdobie sucha na Ipli v Holiši. V TAB. 6. 2. 15. sú najdlhšie suchá vo vybraných povodiach Iplá. V TAB. 6. 2. 16. je celkový počet výskytov malej vodnosti pod Q_{355} a počet výskytov v 4 intervaloch.



OBR. 6. 2. 10. Malá vodnosť na Ipli v Holiši v roku 1947

Tab. 6. 2. 15. Najväčšie suchá v povodí Iplá vo vybraných vodomerných staniách – podkročenie Q_{355}

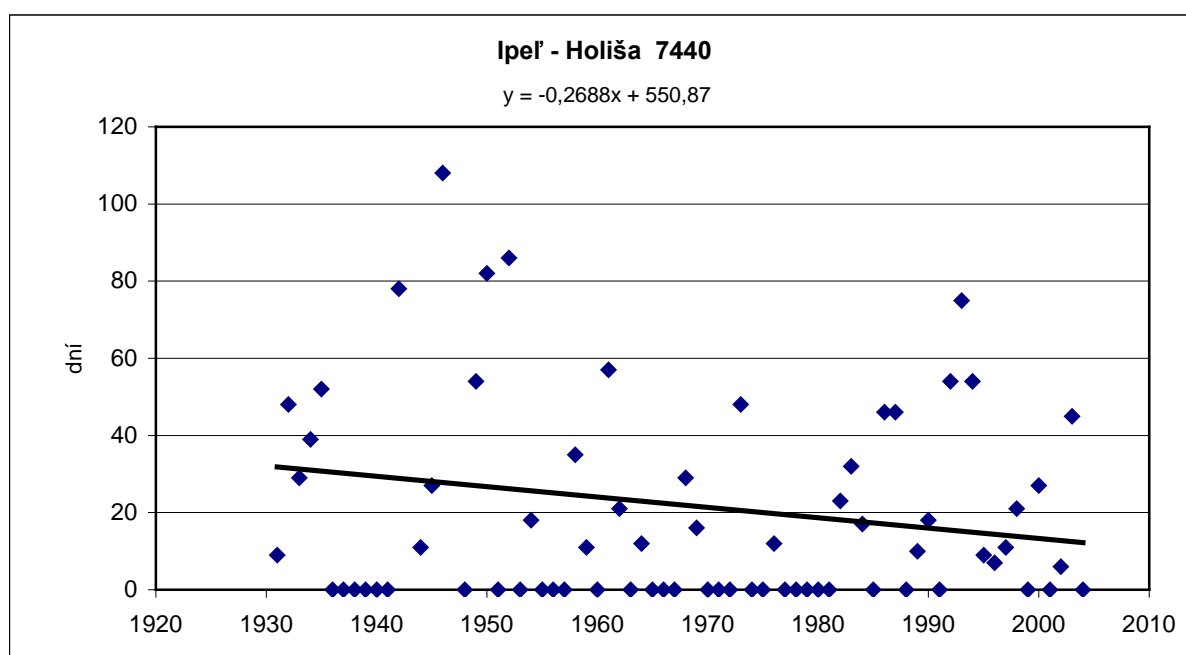
Tok	Stanica	Obdobie hodnotenia	Začiatok	Koniec	Trvanie[dni]
Ipeľ	Holiša	1931-2009	2.8.1947	22.11.1947	113
Krivánsky potok	Lučenec	1931-2009	27.6.1947	4.11.1947	131
Krupinica	Plášťovce	1931-2009	10.7.1947	16.10.1947	99
Litava	Plášťovce	1931-2009	3.8.1961	14.10.1961	72

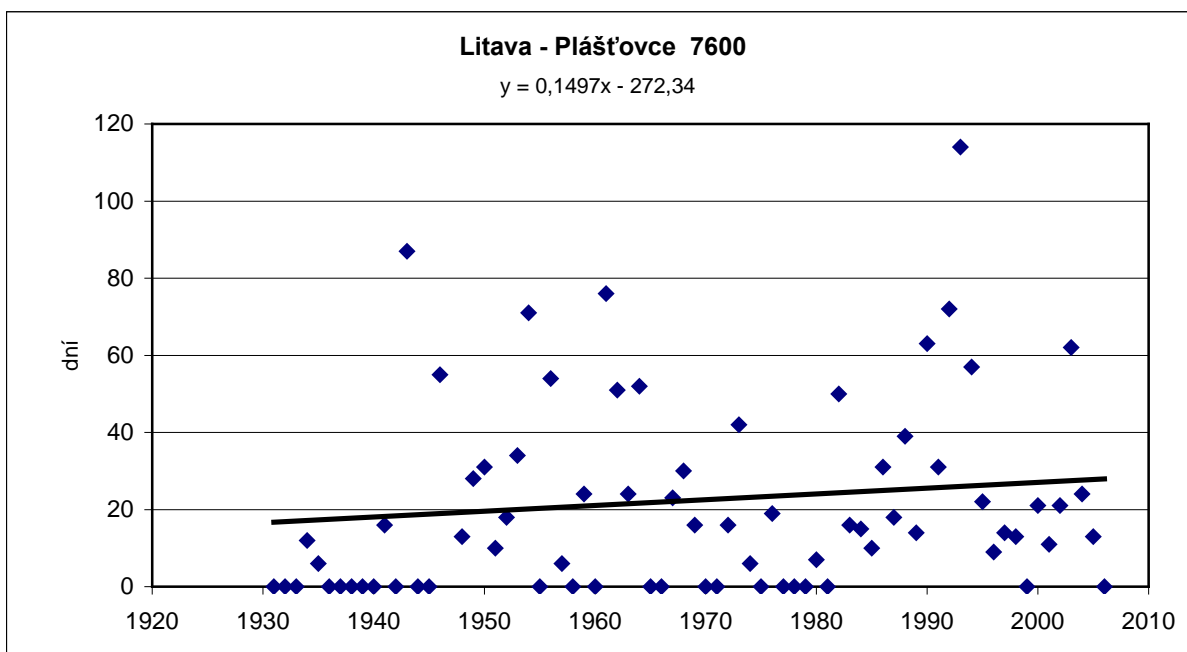
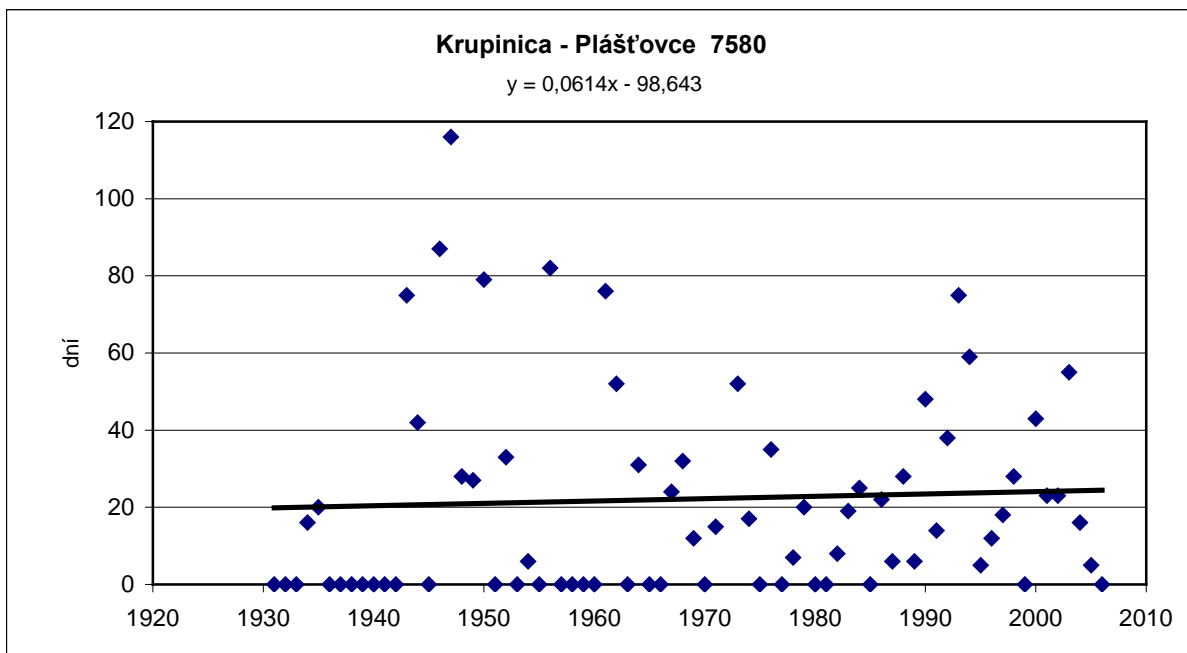
TAB. 6. 2. 16. Počet výskytov malej vodnosti: celkový a v 4 intervaloch v povodí Iplá

Tok - profil	Celkový počet	Počet do 10 dní	Počet v intervale	Počet v intervale	Počet nad 30 dní

			11 až 20 dní	21 až 30 dní	
Ipeľ-Holiša	29	12	5	4	8
Krivánsky potok- Lučenec	42	20	12	4	6
Krupinica- Plášťovce	38	19	8	3	8
Litava- Plášťovce	37	13	14	4	6

OBR. 6. 2. 11. Trendy trvania malej vodnosti vo vodomerných staniciach s dlhým radom pozorovania v povodí Ipeľa





OBR. 6. 2. 11. Trendy trvania malej vodnosti vo vodomerných staniách s dlhým radom pozorovania v povodí Ipl'a

Vo vodomerných staniách Ipeľ – Holiša, Krupinica – Plášťovce, Litava – Plášťovce sme hodnotili vývoj trvania malej vodnosti. Na Ipli je klesajúci trend, na Krupinici a Litave narastajúci trend trvania malej vodnosti. (OBR. 6. 2. 10.).

TAB. 6. 2. 17. Hodnotenie rokov 2006 – 2009 trvanie podkročenia pod Q_{355} a dosiahnutý minimálny prietok v povodí Ipl'a

2006

Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q_{\min} a Q_{355}
Ipeľ	Holiša	-	-	-	0,790/0,287
Krupinica	Plášťovce	-	-	-	0,161/0,094
Litava	Plášťovce	-	-	-	0,092/0,040
2007					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q_{\min} a Q_{355}
Ipeľ	Holiša	22.10.2007	22.10.2007	1	0,271/0,287
Krupinica	Plášťovce	23.7.2007	27.7.2007	5	0,076/0,094
Litava	Plášťovce	15.7.2007	9.8.2007	26	0,015/0,040
2008					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q_{\min} a Q_{355}
Ipeľ	Holiša	-	-	-	0,304/0,287
Krupinica	Plášťovce	-	-	-	0,110/0,094
Litava	Plášťovce	-	-	-	0,061/0,040
2009					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q_{\min} a Q_{355}
Ipeľ	Holiša	-	-	-	0,349/0,287
Krupinica	Plášťovce	29.7.2009	4.8.2009	7	0,077/0,094
Litava	Plášťovce	29.7.2009	3.8.2009	6	0,038/0,040

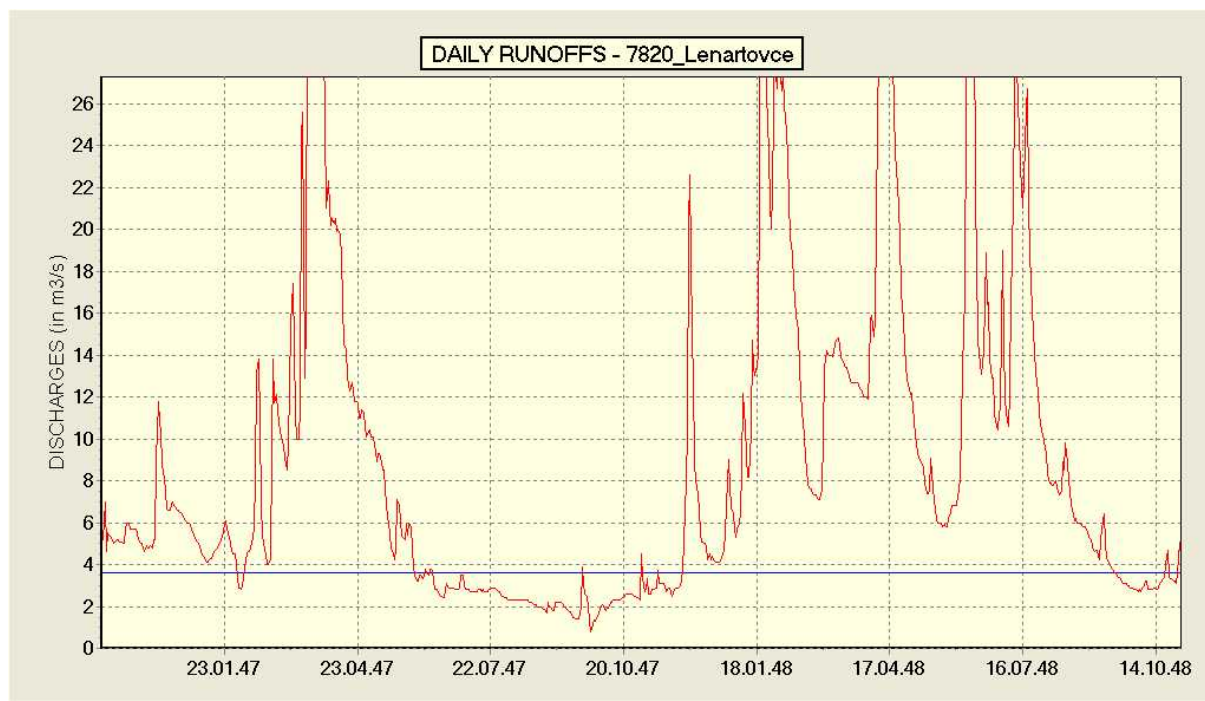
Hodnotenie posledných 4 rokov 2006 – 2009 je v TAB. 6. 2. 17. Pri hodnotení posledných 4 rokov, klesli prietoky pod hodnotu Q_{355} pomerne na dlhú dobu 26 dní na Litave v Plášťovciach v lete v roku 2007.

Povodie Slanej

V povodí sme hodnotili 11 vodomerných staníc. V nasledujúcich tabuľkách sú uvedené výsledky z 5 profilov – ostatné sú uvedené v TABUĽKOVEJ PRÍLOHE 1. Hodnotíme najdlhšie podkročenie prietoku pod Q_{355} , celkový počet podkročení, ich počet výskytu v 4 intervaloch, rendy časov trvania malej vodnosti a malú vodnosť v posledných 4 uplynulých rokoch.

Na obrázku je obdobie sucha na Slanej v Lenártovciach. V hornom povodí po Štítaní zimný režim, na Muráni a na Rimavici striedavý režim. Najkritickejšie roky boli 1987, 1993. Dlhšie ako 30 dňové podkročenie sa vyskytlo 4 až 8 krát.

Na OBR. 6. 2. 12. je najdlhšie obdobie sucha na Slanej v Lenártovciach. V TAB. 6. 2. 18. sú najdlhšie suchá vo vybraných povodiach Slanej. V TAB. 6. 2. 19. je celkový počet výskytov malej vodnosti pod Q_{355} a počet výskytov v 4 intervaloch.



OBR. 6. 2. 12. Malá vodnosť na Slanej v Lenártovciach v roku 1947

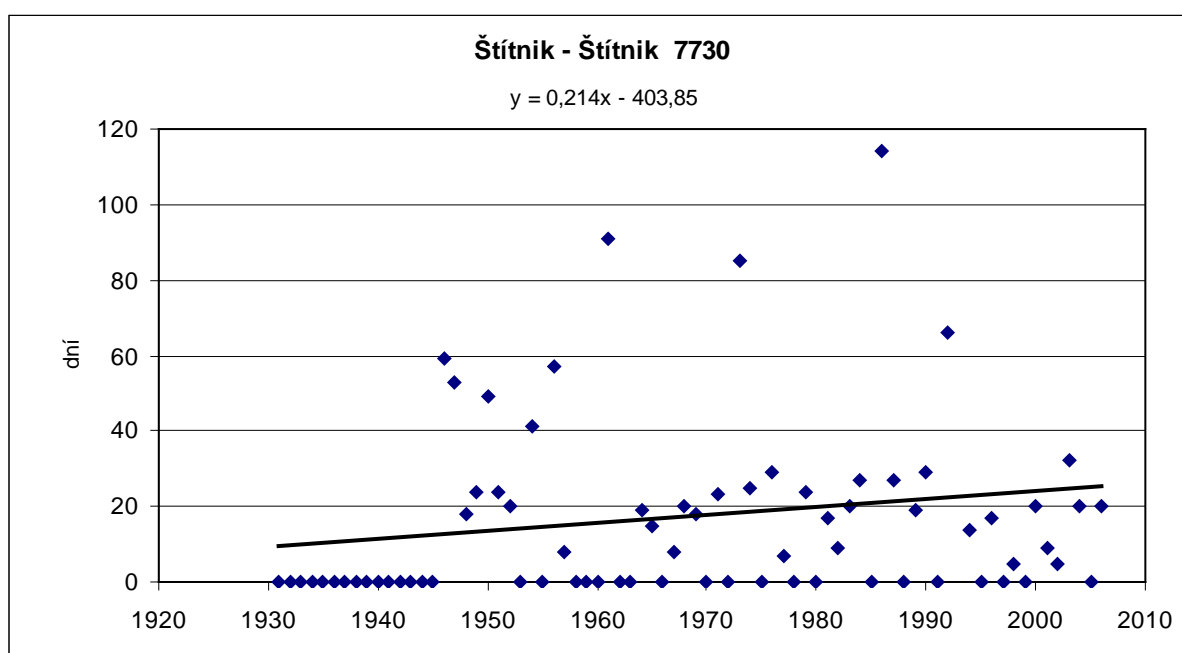
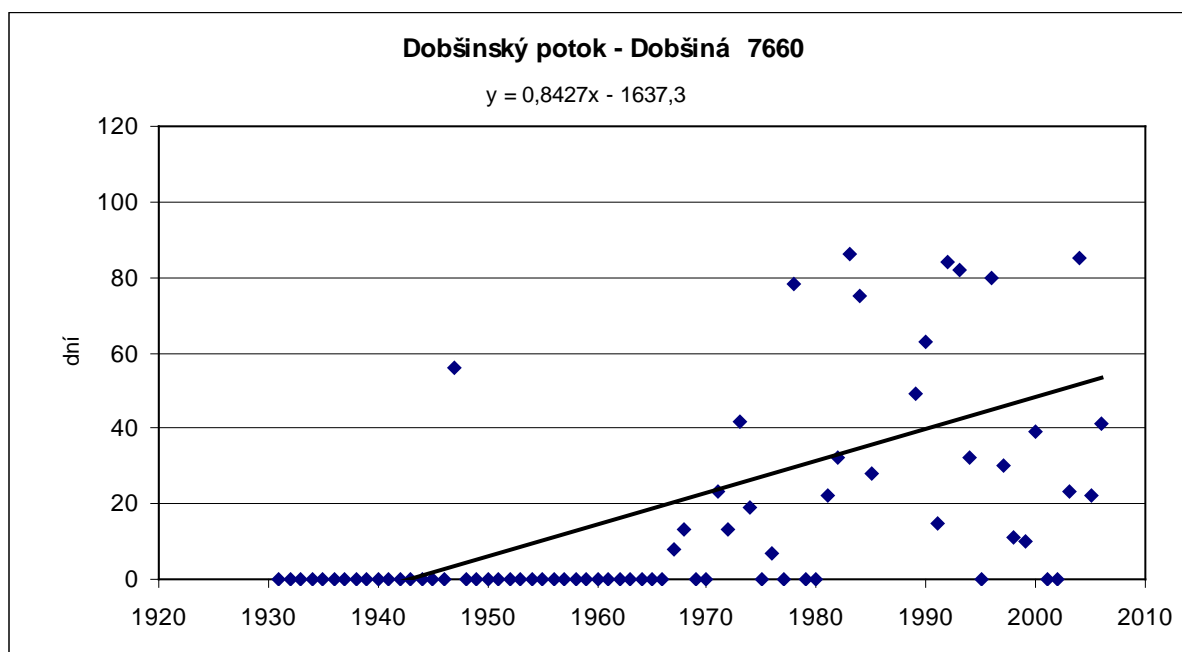
TAB. 6. 2. 18. Najväčšie suchá v povodí Slanej vo vybraných vodomerných staniciach – podkročenie Q_{355}

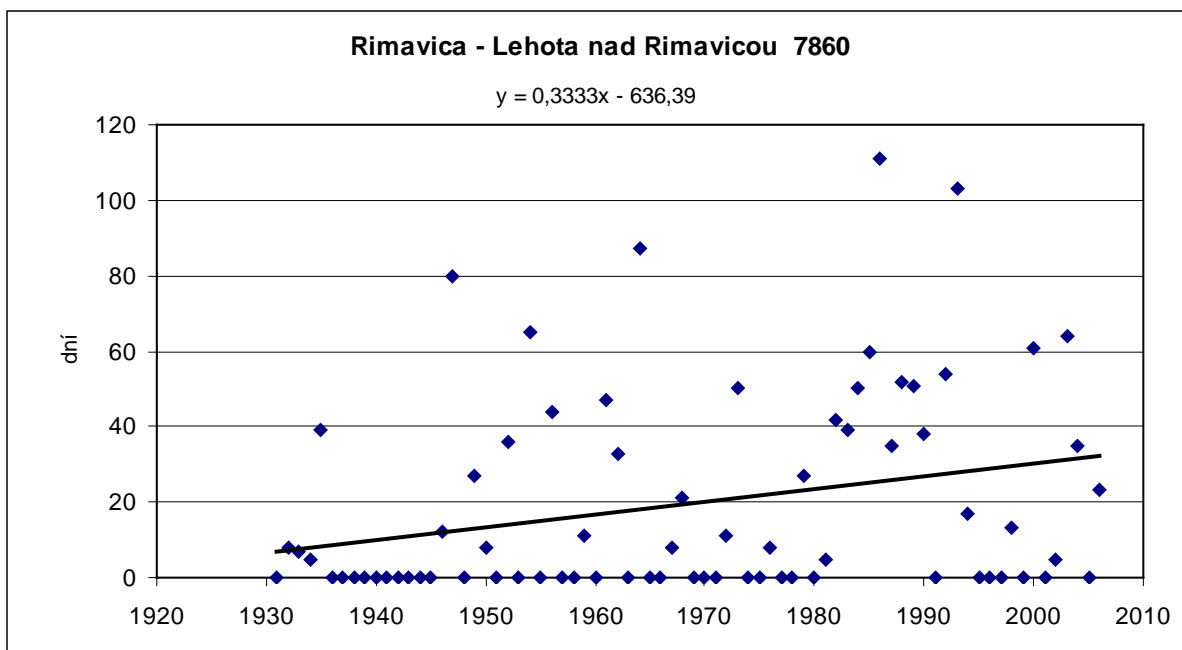
Tok	Stanica	Obdobie hodnotenia	Začiatok	Koniec	Trvanie[dni]
Dobšinský potok	Dobšiná	1931-2009	24.10.1986	18.2.1987	117
Štítник	Štítник	1931-2009	12.8.1961	3.11.1961	83
Slaná	Lenartovce	1931-2009	29.7.1947	21.9.1947	55
Rimavica	Lehota nad Rimavicou	1931-2009	22.12.1963	29.2.1964	70
Blh	Rimavská Seč	1931-2009	8.7.1952	6.9.1952	61

TAB. 6. 2. 19. Počet výskytov malej vodnosti: celkový a v 4 intervaloch v povodí Slanej

Tok - profil	Celkový počet	Počet do 10 dní	Počet v intervale 11 až 20 dní	Počet v intervale 21 až 30 dní	Počet nad 30 dní
Dobšinský potok-Dobšiná	39	18	12	3	6
Štítник-Štítник	42	24	7	7	4
Slaná-	37	20	8	3	6

Lenartovce					
Rimavica- Lehota nad Rimavicou	38	14	15	3	6
Blh-Rimavská Seč	40	21	8	5	6





OBR. 6. 2. 13. Trendy trvania malej vodnosti vo vodomerných staniciach s dlhým radom pozorovania v povodí Slanej

Vo vodomerných staniciach Dobšinský potok – Dobšiná, Štítnik – Štítnik, Rimavica – Lehota nad Rimavicou sme hodnotili trendy trvania malej vodnosti. Vo všetkých prípadoch sme zaznamenali stúpajúci trend trvania malej vodnosti (OBR. 6. 2. 12.).

TAB. 6. 2. 20. Hodnotenie rokov 2006 – 2009 trvanie podkročenia pod Q_{355} a dosiahnutý minimálny prietok v povodí Slanej

2006					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q_{\min} a Q_{355}
Dobšinský potok	Dobšiná	-	-	-	0,130/0,112
Slaná	Lenártovce	-	-	-	3,293/2,372
Rimavica	Lehota nad Rimavicou	-	-	-	0,228/0,200
2007					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q_{\min} a Q_{355}
Dobšinský potok	Dobšiná	2.2.2007	5.2.2007	4	0,099-0,112
Slaná	Lenartovce	22.7.2007	9.8.2007	19	1,794/2,372
Rimavica	Lehota nad Rimavicou	24.7.2007	3.8.2007	11	0,108/0,200

2008					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q_{\min} a Q_{355}
Dobšinský potok	Dobšiná	-	-	-	0,165/0,112
Slaná	Lenártovce	-	-	-	2,829/2,372
Rimavica	Lehota nad Rimavicou	10.1.2008	17.1.2008	8	0,192/0,200
2009					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q_{\min} a Q_{355}
Dobšinský potok	Dobšiná	-	-	-	0,209/0,112
Slaná	Lenártovce	-	-	-	2,951/2,372
Rimavica	Lehota nad Rimavicou	20.9.2009	9.10.2009	20	0,135/0,200

Hodnotenie posledných 4 rokov 2006 – 2009 je v TAB. 6. 2. 20. Pri hodnotení posledných 4 rokov, klesli prietoky pod hodnotu Q_{355} významnejšie v lete v roku 2007 na Slanej v Lenártovciach po dobu 19 dní a na jeseň 2009 na Rimavici po dobu 20 dní.

Povodie Hornádu

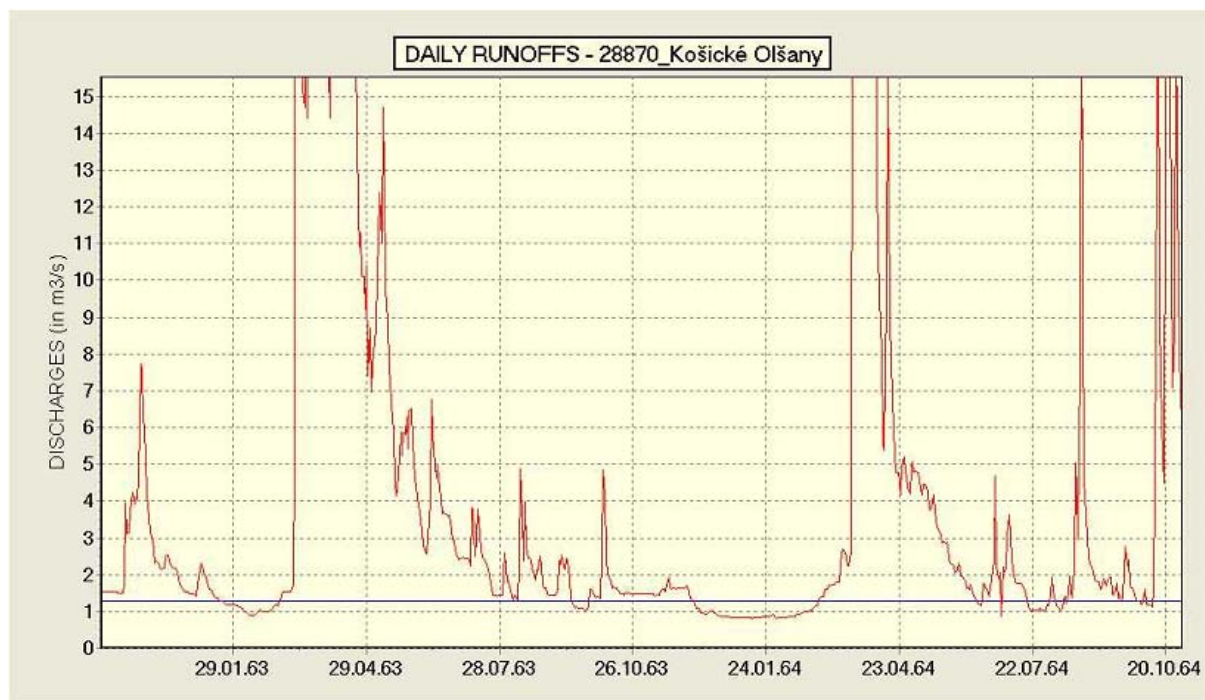
V povodí sme hodnotili 29 vodomerných staníc. V nasledujúcich tabuľkách sú uvedené výsledky z 4 profilov – ostatné sú uvedené v TABUĽKOVEJ PRÍLOHE 1. Hodnotíme najdlhšie podkročenie prietoku pod Q_{355} , celkový počet podkročení, počet výskytu v 4 intervaloch, trendy časov trvania malej vodnosti a malú vodnosť v posledných 4 uplynulých rokoch.

Celý Hornád aj s prítokmi Hnilcom, Svinkou a Torysou má zimný režim. Na horskom povodí Hnilca nad Stratenou najdlhšie podkročenie bolo za tuhej zimy v roku 1987 a trvalo 78 dní. Na Svinke a Hornáde bol extrém v lete a na jeseň v roku 1961. Na Toryse bol ešte suchší rok v zime v roku 1964. Najkritickejší rok bol 1987. Dlhšie ako 30 dňové podkročenie sa vyskytlo 4 až 6 krát (TAB. 6. 2. 17.).

Na OBR. 6. 2. 13. je najdlhšie obdobie sucha na Toryse v Košických Oľšanoch. V TAB. 6. 2. 21. sú najdlhšie suchá vo vybraných povodiach Hornádu.

V TAB. 6. 2. 22. je celkový počet výskytov malej vodnosti pod Q_{355} a počet výskytov v 4 intervaloch.

OBR. 6. 2. 13. Malá vodnosť na Toryse v Košických Olšanoch na prelome rokov 1963 a 1964

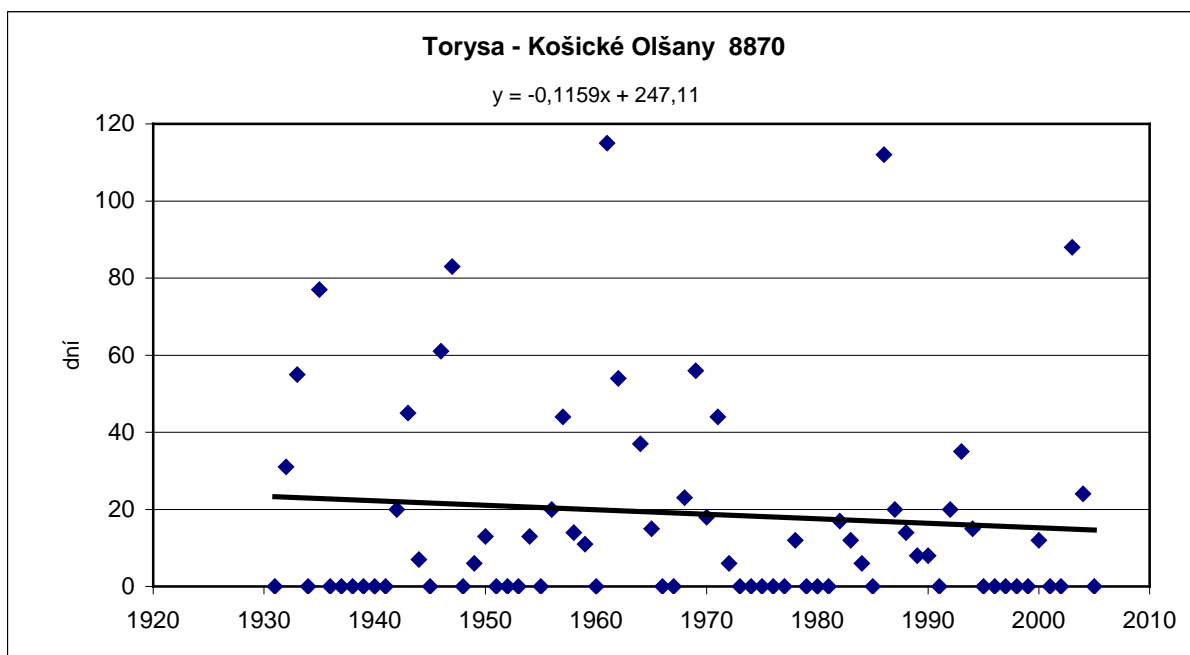


TAB. 6. 2. 21. Najväčšie suchá v povodí Hornádu vo vybraných vodomerných staniciach – podkročenie Q_{355}

Tok	Stanica	Obdobie hodnotenia	Začiatok	Koniec	Trvanie[dni]
Hnilec	Stratená	1953-2009	6.1.1987	24.3.1987	78
Svinka	Obišovce	1931-1988	27.8.1961	5.11.1961	71
Torysa	Košické Olšany	1931-2009	6.12.1963	28.2.1964	85
Hornád	Ždana	1958-2009	22.8.1961	4.11.1961	75

TAB. 6. 2. 22. Počet výskytov malej vodnosti: celkový a v 4 intervaloch v povodí Hornádu

Tok - profil	Celkový počet	Počet do 10 dní	Počet v intervale 11 až 20 dní	Počet v intervale 21 až 30 dní	Počet nad 30 dní
Hnilec – Stratená	26	10	8	2	6
Svinka - Obišovce	28	7	12	5	4
Torysa – Košické Olšany	36	17	10	3	6
Hornád - Ždaňa	22	10	7	1	4



OBR. 6. 2. 14. Trendy trvania malej vodnosti vo vodomerných stanicích s dlhým radom pozorovania v povodí Hornádu

Vo vodomernej stanici Torysa – Košické Olšany sme hodnotili vývoj trvania malej vodnosti – zaznamenali sme pokles trvania malej vodnosti (OBR. 6. 2. 14.).

TAB 6. 2. 23. Hodnotenie rokov 2006 – 2009 trvanie podkročenia pod Q_{355} a dosiahnutý minimálny prietok v povodí Hornádu

2006					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q_{\min} a Q_{355}
Torysa	Košické Olšany	-	-	-	1,888/1,250
Hornád	Ždana	-	-	-	9,300/6,000
2007					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q_{\min} a Q_{355}
Torysa	Košické Olšany	-	-	-	1,530/1,250
Hornád	Ždana	-	-	-	8,447/6,000
2008					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q_{\min} a Q_{355}
Torysa	Košické Olšany	-	-	-	1,754/1,250
Hornád	Ždana	-	-	-	10,431/6,000
2009					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q_{\min} a Q_{355}

Torysa	Košické Olšany	-	-	-	1,689/1,250
Hornád	Ždana	-	-	-	9,600/6,000

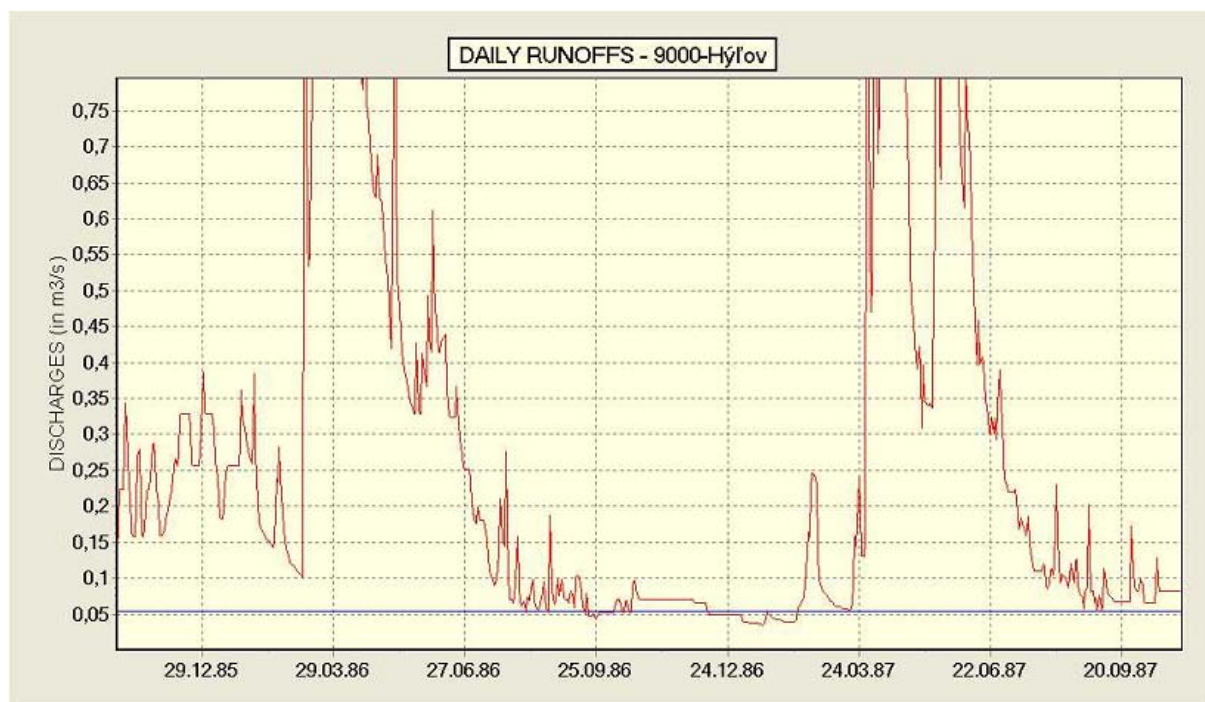
Hodnotenie posledných 4 rokov 2006 – 2009 je v TAB. 6. 2. 23. Pri hodnotení posledných 4 rokov, neklesli prietoky pod hodnotu Q_{355} .

Povodie Bodvy

V povodí sme hodnotili 5 vodomerných staníc. V nasledujúcich tabuľkách sú uvedené výsledky z 3 profilov – ostatné sú uvedené v TABUĽKOVEJ PRÍLOHE 1. Hodnotíme najdlhšie podkročenie prietoku pod Q_{355} , celkový počet podkročení, počet výskytov v 4 intervaloch, trendy časov trvania malej vodnosti a malú vodnosť v posledných 4 uplynulých rokoch.

Na obrázku je obdobie sucha na Ide v Hýľove. V hornom povodí boli najsuchšie zima v roku 1989 a 1986 – 1987. Turňa v Hostšovciach bola najsuchšia v roku 2003. Prevláda zimný režim. Najkritickejší rok bol 1987. Dlhšie ako 30 dňové podkročenie na Ide sa vyskytlo len raz, na Turni 4 krát a na hornej Bodve 7 krát.

Na OBR. 6. 2. 15. je najdlhšie obdobie sucha na Ide v Hýľove. V TAB. 6. 2. 24. sú najdlhšie suchá vo vybraných povodiach Bodvy. V TAB. 6. 2. 25. je celkový počet výskytov malej vodnosti pod Q_{355} a počet výskytov v 4 intervaloch.



OBR. 6. 2. 15. Malá vodnosť na Ide v Hýľove na prelome rokov 1986 a 1987

TAB. 6. 2. 24. Najväčšie suchá v povodí Bodvy vo vybraných vodomerných staniciach – podkročenie Q_{355}

Tok	Stanica	Obdobie	Začiatok	Koniec	Trvanie[dni]
-----	---------	---------	----------	--------	--------------

		hodnotenia			
Bodva	Nižný Medzev	1940-2009	4.1.1989	23.2.1989	50
Ida	Hýľov	1967-2009	11.12.1986	9.2.1987	61
Turňa	Hostovce	1967-2009	16.7.2003	29.9.2003	76

TAB. 6. 2. 25. Počet výskytov malej vodnosti: celkový a v 4 intervaloch v povodí Bodvy

Tok - profil	Celkový počet	Počet do 10 dní	Počet v intervale 11 až 20 dní	Počet v intervale 21 až 30 dní	Počet nad 30 dní
Bodva-Nižný Medzev	37	20	7	3	7
Ida-Hýľov	21	8	8	4	1
Turňa-Hostovce	16	3	6	3	4

TAB. 6. 2. 26. Hodnotenie rokov 2006 – 2009 trvanie podkročenia pod Q355 a dosiahnutý minimálny prietok v povodí Bodvy

2006					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q _{min} a Q ₃₅₅
Bodva	Nižný Medzev	-	-	-	0,117/0,091
Ida	Hýľov	-	-	-	0,064/0,057
Turňa	Hostovce	-	-	-	0,160/0,086
2007					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q _{min} a Q ₃₅₅
Bodva	Nižný Medzev	25.7.2007	30.7.2007	6	0,035/0,091
Ida	Hýľov	25.8.2007	3.9.2007	10	0,030/0,057
Turňa	Hostovce	13.6.2007	12.8.2007	61	0,029/0,086
2008					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q _{min} a Q ₃₅₅
Bodva	Nižný Medzev	-	-	-	0,094/0,091
Ida	Hýľov	-	-	-	0,080/0,057
Turňa	Hostovce	6.6.2008	22.7.2008	47	0,029/0,086
2009					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q _{min} a Q ₃₅₅
Bodva	Nižný Medzev	10.9.2009	23.9.2009	14	0,050/0,091

Ida	Hýľov	18.8.2009	22.8.2009	5	0,035/0,057
Turná	Hostovce	13.8.2009	4.9.2009	23	0,031/0,086

Hodnotenie posledných 4 rokov 2006 – 2009 je v TAB. 6. 2. 26. Pri hodnotení posledných 4 rokov, klesli prietoky pod hodnotu Q_{355} veľmi významne v lete v roku 2008 na Turni v Hostovciach, kedy pokles trval až 47 dní. V roku 2009 na jeseň v tomto profile pokles trval 23 dní.

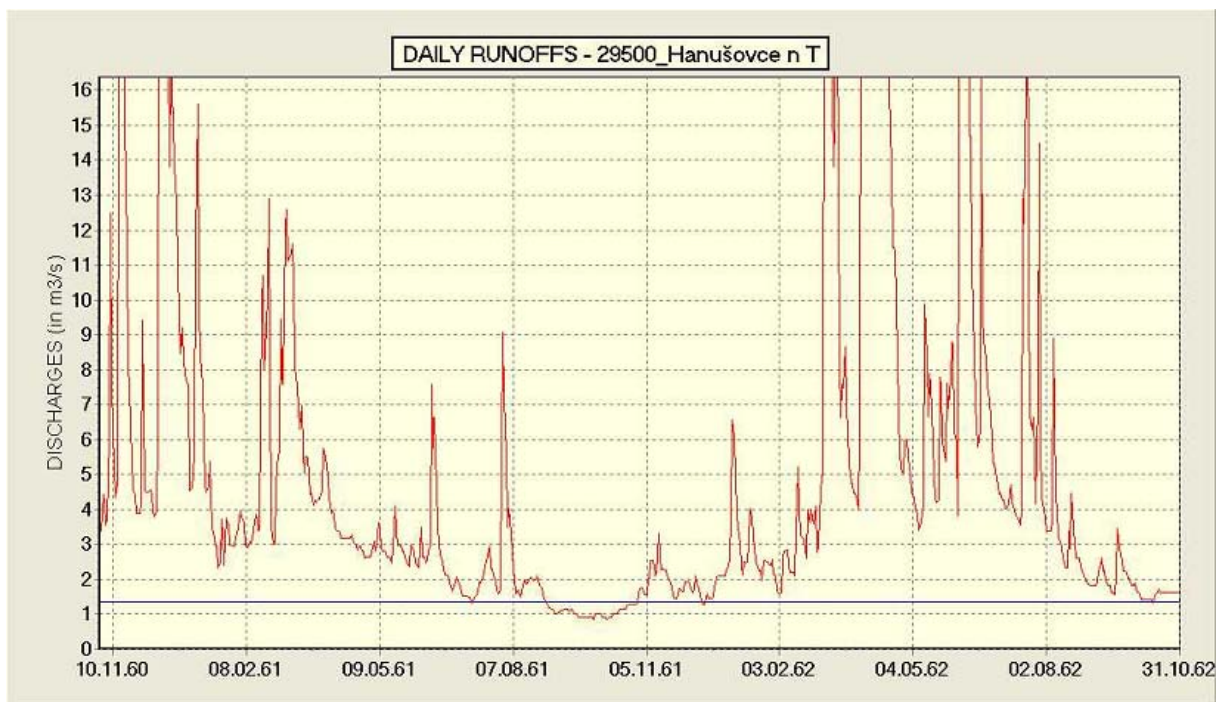
Povodie Bodrogu

V povodí sme hodnotili 33 vodomerných staníc. V nasledujúcich tabuľkách sú uvedené výsledky zo 4 profilov – ostatné sú uvedené v TABUĽKOVEJ PRÍLOHE 1. Hodnotíme najdlhšie podkročenie prietoku pod Q_{355} , celkový počet podkročení, počet výskytov v 4 intervaloch, trendy časov trvania malej vodnosti a malú vodnosť v posledných 4 uplynulých rokoch.

V hodnotených profiloch najdlhšie podkročenie bolo na v lete a na jeseň v roku 1961. Na Bodrogu, kde sa zlievajú všetky toky sucho trvalo dokonca 94 dní. Na OBR. je obdobie sucha na Topli v Hanušovciach nad Topľou. Na OBR. je obdobie sucha na Topli v Hanušovciach nad Topľou.

V hornom povodí Laborca rovníčkový letný aj zimný režim, od Humenného prevažuje letný režim, v hornom povodí Ondavy letný režim, horné povodie Tople zimný režim a dolné úseky tokov letný režim, v celom povodí najdlhšie udalosti boli zaznamenané v lete. Najkritickejšie roky boli 1947, 1985, 1986, 1987, ale aj 90 roky. Dlhšie ako 30 dňové podkročenie sa vyskytlo 2 až 5 krát (TAB. 6. 2. 21.).

Na OBR. 6. 2. 16. je najdlhšie obdobie sucha na Topli v Hanušovciach nad Topľou. V TAB. 6. 2. 27. sú najdlhšie suchá vo vybraných povodiach Bodvy. V TAB. 6. 2. 28. je celkový počet výskytov malej vodnosti pod Q_{355} a počet výskytov v 4 intervaloch.



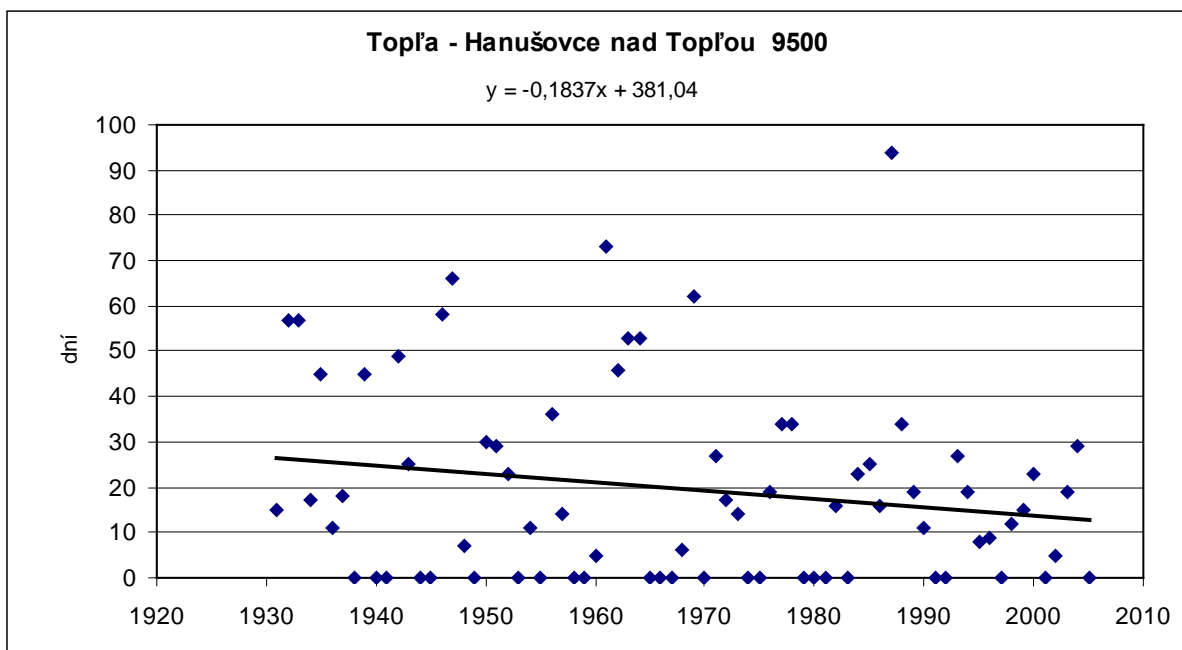
OBR. 6. 2. 16. Malá vodnosť na Topli v Hanušovciach nad Topľou v roku 1961

TAB. 6. 2. 27. Najväčšie suchá v povodí Bodrogu vo vybraných vodomerných staniciach – podkročenie Q_{355}

Tok	Stanica	Obdobie hodnotenia	Začiatok	Koniec	Trvanie[dni]
Uh	Lekárovce	1950-2009	27.8.1961	16.10.1961	51
Latorica	Veľké Kapušany	1950-2009	13.9.1961	9.11.1961	58
Topľa	Hanušovce	1931-2009	30.8.1961	30.10.1961	62
Bodrog	Streda nad Bodrogom	1951-2009	8.8.1961	9.11.1961	94

TAB. 6. 2. 28. Počet výskytov malej vodnosti: celkový a v 4 intervaloch v povodí Bodrogu

Tok - profil	Celkový počet	Počet do 10 dní	Počet v intervale 11 až 20 dní	Počet v intervale 21 až 30 dní	Počet nad 30 dní
Uh-Lekárovce	36	23	9	2	2
Latorica-Veľké Kapušany	30	14	9	3	4
Topľa-Hanušovce	47	26	13	3	5
Bodrog-Streda nad Bodrogom	26	12	7	3	4



OBR. 6. 2. 17. Trendy trvania malej vodnosti vo vodomerných staniách s dlhým radom pozorovania v povodí Bodrogu

V hodnotenej vodomernej stanici Topľa – Hanušovce bol zaznamenaný pokles trvania malej vodnosti (OBR. 6. 2. 17.).

TAB 6. 2. 29. Hodnotenie rokov 2006 – 2009 trvanie podkročenia pod Q355 a dosiahnutý minimálny prietok v povodí Poradu a Dunajca

2006					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Qmin a Q ₃₅₅
Latorica	Veľké Kapušany	-	-	-	5,805/5,177
Topľa	Hanušovce	23.9.2006	30.9.2006	8	1,284/1,432
Bodrog	Streda nad Bodrogom	-	-	-	32,073/18,200
2007					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Qmin a Q ₃₅₅
Latorica	Veľké Kapušany	26.8.2007	5.9.2007	11	4,240/5,177
Topľa	Hanušovce	17.7.2007	30.7.2007	14	0,816/1,432
Bodrog	Streda nad Bodrogom	-	-	-	26,234/18,200
2008					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Qmin a Q ₃₅₅

Latorica	Veľké Kapušany	-	-	-	8,908/5,177
Topľa	Hanušovce	-	-	-	1,827/1,432
Bodrog	Streda nad Bodrogom	-	-	-	31,348/18,200
2009					
Tok	Stanica	Začiatok	Koniec	dni	Q _{min} a Q ₃₅₅
Latorica	Veľké Kapušany	-	-	-	5,423/5,177
Topľa	Hanušovce	-	-	-	1,841/1,432
Bodrog	Streda nad Bodrogom	-	-	-	22,859/18,200

Hodnotenie posledných 4 rokov 2006 – 2009 je v TAB. 6. 2. 29. Pri hodnotení posledných 4 rokov, klesli prietoky pod hodnotu Q₃₅₅ len v roku 2007 na Topli po dobu 14 dní a na Latorici po dobu 11 dní.

Odhad malej vodnosti s malou pravdepodobnosťou výskytu

Výsledky spracovania vo všetkých povodiach Slovenska sa nachádzajú v TABUĽKOVEJ PRÍLOHE 1.

Distribučné funkcie pravdepodobnosti nedostúpenia pre maximálne nedostatkové objemy a maximálne doby trvania malej vodnosti nám umožňujú poznať extrémne charakteristiky období malej vodnosti – hodnoty trvania a nedostatkového objemu.

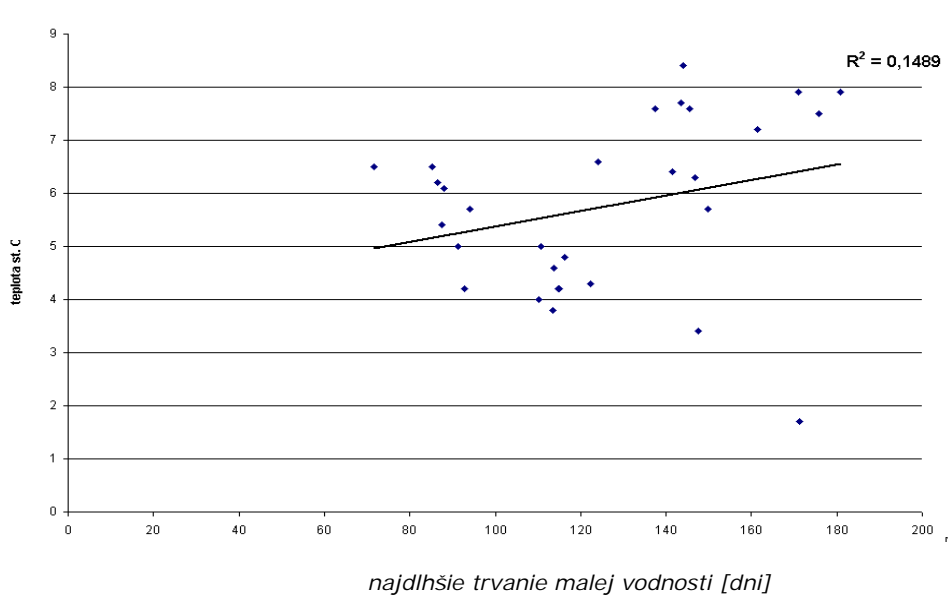
V každej vodomernej stanici sme mali k dispozícii výberové súbory pre maximálne parametre: nedostatkové objemy, časy trvania. Na podklade týchto výberových štatistických súborov sme spracovali extrémny trvanie malej vodnosti a nedostatkového objemu.

Spracovanie bolo spravené pre prahovú hodnotu Q₉₀. Extrémne nedostatkové objemy nám určujú koľko vody musíme mať v zásobe aby sme vyrovnali deficit vody v toku na úroveň prahovej hodnoty prietoku. Extrémne časy trvania nám odhadujú prirodzený čas trvania nedostatku vody, teda aj obdobie počas ktorého, je nutné robiť opatrenia.

6.3. Korelačné vzťahy medzi najdlhším trvaním malej vodnosti a vlastnosťami povodia

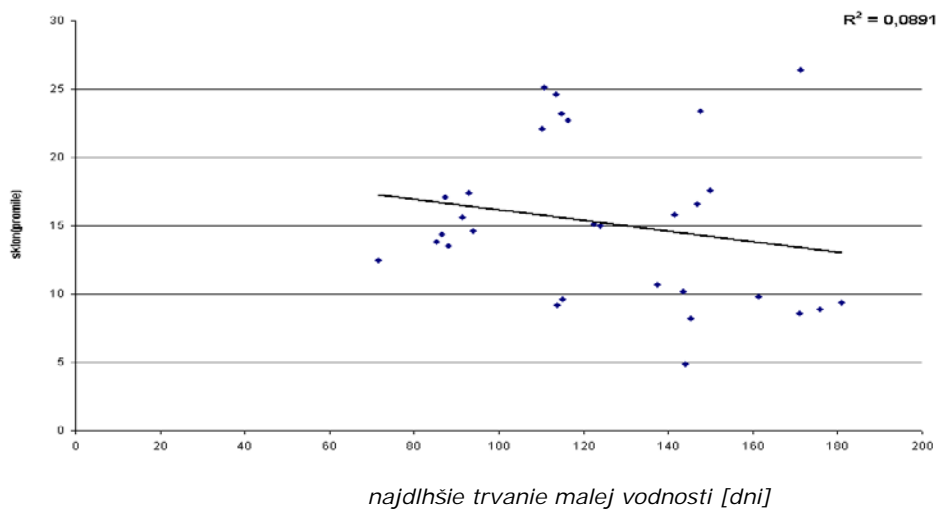
Na vzorke 32 vodomerných staníc, ktorých dĺžka pozorovania je viac ako 75 rokov sme skúmali korelačné vzťahy medzi charakteristikami povodia a maximálnou dĺžkou trvania malej vodnosti v povodí, pričom charakteristiky povodia boli:

- a. plocha povodia,
- b. priemerná ročná teplota v povodí
- c. sklon povodia
- d. nadmorská výška povodia
- e. lesnatosť povodia
- f. hydrogeologický parameter povodia
- g. zrážky – priemerný ročný zrážkový úhrn na povodie



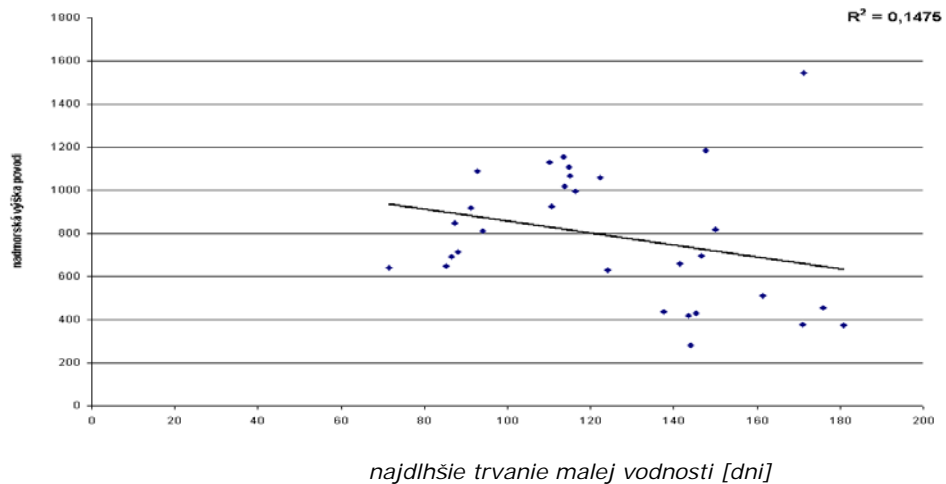
OBR. 6.3.1. Korelačný vzťah medzi najdlhším trvaním malej vodnosti a priemernou ročnou teplotou v povodí

Korelačná závislosť znázorňuje vzťah medzi teplotou v povodí a najdlhším trvaním MV. Je tu vzťah priamej úmery – so stúpajúcou teplotou sa predlžuje obdobie malej vodnosti.



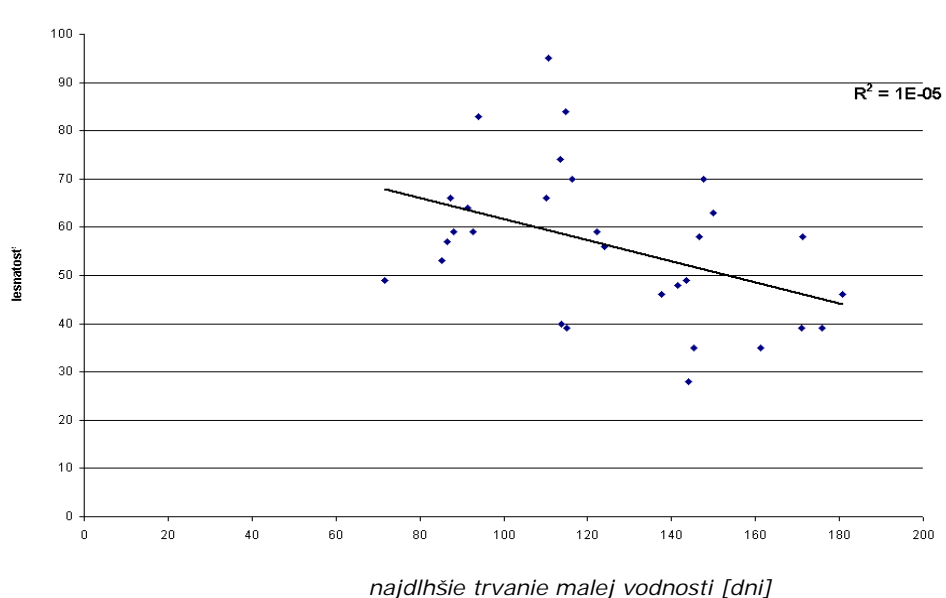
OBR. 6.3.2. Korelačný vzťah medzi najdlhším trvaním malej vodnosti a sklonom povodia

Korelačná závislosť znázorňuje vzťah medzi sklonom povodia a najdlhším trvaním MV. Je tu vzťah nepriamej úmery – so stúpajúcim sklonom povodia sa skrakuje obdobie malej vodnosti.



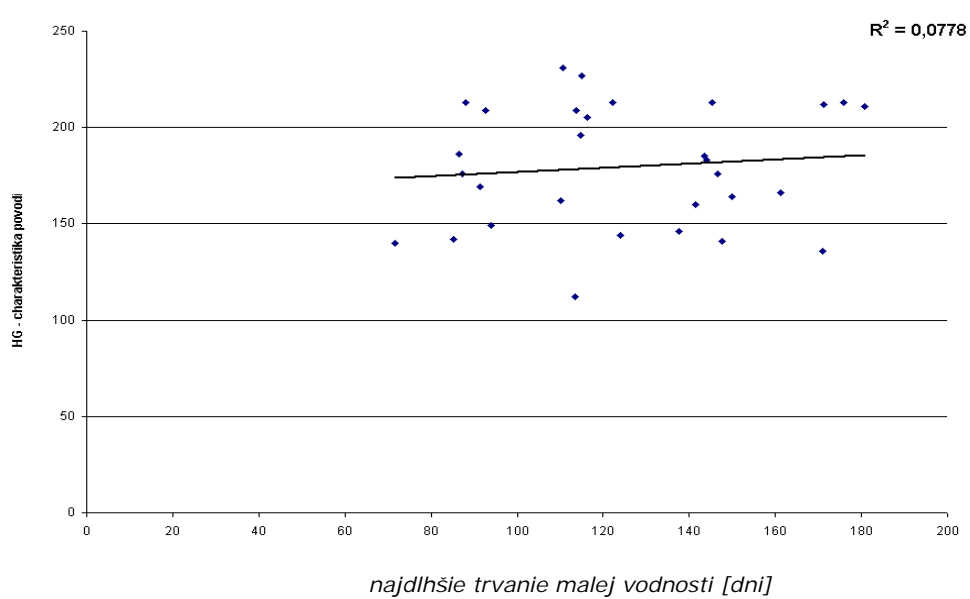
OBR. 6.3.3. Korelačný vzťah medzi najdlhším trvaním malej vodnosti a nadmorskou výškou

Korelačná závislosť znázorňuje vzťah medzi nadmorskou výškou v povodí a najdlhším trvaním MV. Je tu vzťah nepriamej úmery – so stúpajúcou nadmorskou výškou sa skrakuje obdobie malej vodnosti.



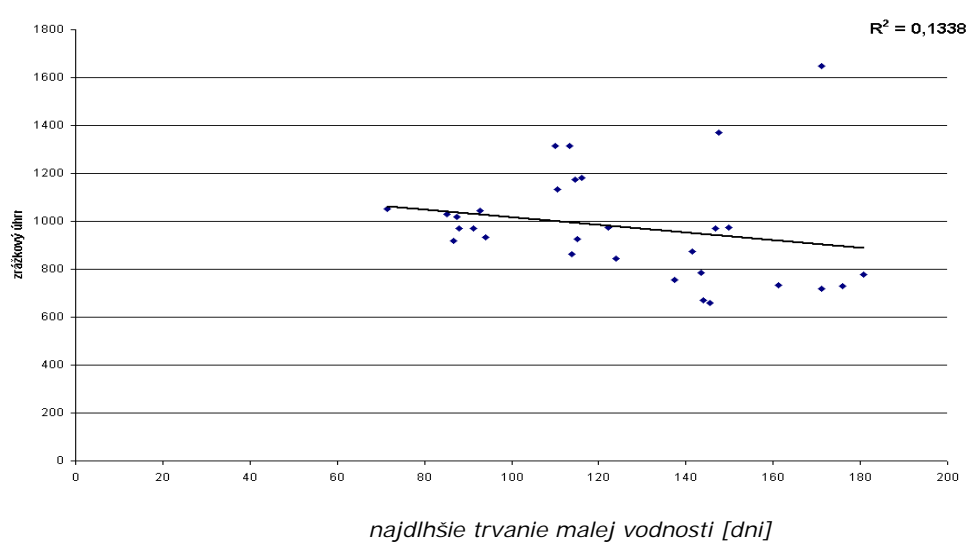
OBR. 6.3.4. Korelačný vzťah medzi najdlhším trvaním malej vodnosti a lesnatosťou

Korelačná závislosť znázorňuje vzťah medzi lesnatosťou v povodí a najdlhším trvaním MV. Je tu vzťah nepriamej úmery – so stúpajúcou lesnatosťou sa skracuje obdobie malej vodnosti.



OBR. 6.3.5. Korelačný vzťah medzi najdlhším trvaním malej vodnosti a priepustnosťou povodia

Korelačná závislosť znázorňuje vzťah medzi priepustnosťou povodia a najdlhším trvaním MV. Je tu naznačená slabá tendencia priamej úmery – so stúpajúcou priepustnosťou povodia sa predlžuje obdobie malej vodnosti.



OBR. 6.3.6. Korelačný vzťah medzi najdlhším trvaním malej vodnosti a zrážkami v povodí

Korelačná závislosť znázorňuje vzťah medzi zrážkami v povodí a najdlhším trvaním MV. Je tu tendencia nepriamej úmery – so stúpajúcou hodnotou zrážok sa skracuje obdobie malej vodnosti.

Záverom možno povedať, že povodia s väčšími hodnotami teploty, a priepustnosti povodia majú tendenciu ku dlhšiemu trvaniu malej vodnosti. Povodia s väčšími hodnotami sklonu, nadmorskej výšky, lesnatosti, a zrážok majú tendenciu ku kratšiemu trvaniu malej vodnosti. Dané vzťahy si vyžadujú ďalší výskum, aby sa vylúčili multikorelácie vo vzťahoch.

6.4. Trendy trvania malej vodnosti

Vo vybraných 32 vodomerných staniciach ktorých dĺžka pozorovania je viac ako 75 rokov sme hodnotili vývoj trvania malej vodnosti v čase formou trendových rovníc. Výberové veličiny boli z ročných maximálnych hodnôt trvania malej vodnosti. V deviatich vodomerných staniciach sme zaznamenali klesajúci trend trvania sucha, v 22 vodomerných staniciach sme zaznamenali stúpajúci trend trvania sucha. Výsledky sa nachádzajú v kapitole 6.2. Trendy sú na základe dlhoročných pozorovaní – 80 a viac ročných (na Dunaji 100 ročné pozorovanie) a poukazujú na predlžovanie málovodnej odtokovej fázy na našich povodiach. Výsledky z jednotlivých vodomerných staníc sú komentované v kapitole 6. 2.

TAB. 6. 4. 1. Základné údaje hodnotených vodomerných staníc a rovnice trendu

Tok	Profil	Obdobie	Rovnica trendu
Morava	Moravský Ján	1922-2007	$Y = -0,1833x + 381$
Dunaj	Bratislava	1901-2007	$Y = -0,1163x + 248,51$
Biely Váh	Východná	1923-2007	$Y = 0,4958x - 952,57$
Boca	Kráľová Lehota	1931-2007	$Y = 0,2746x - 518,84$
Belá	Podbanské	1928-2007	$Y = -0,4559x + 930,5$
Váh	Liptovský Mikuláš	1921-2007	$Y = 0,0963x - 167,3$
Revúca	Podsuhá	1928-2006	$Y = 0,2873x - 544,57$
Ľubochňanka	Ľubochňa	1931-2006	$Y = 0,1175x - 211,33$
Turiec	Martin	1931-2007	$Y = 0,1244x - 227,65$
Kysuca	Čadca	1931-2007	$Y = -0,0675x + 151,16$
Kysuca	Kysucké Nové Mesto	1931-2007	$Y = -0,2602x + 532,07$
Rajčianka	Poluvsie	1931-2006	$Y = 0,0275x - 35,169$
Bebrava	Biskupice	1931-2006	$Y = 0,5457x - 1053,2$
Nitra	Nitrianska Streda	1931-2007	$Y = -0,3416x + 690,69$

Hron	Zlatno	1931-2006	$Y = 0,5454x - 1051,7$
Hron	Brezno	1931-2007	$Y = 0,0702x - 120,18$
Čierny Hron	Hronec	1931-2006	$Y = 0,1261x - 230,6$
Bystrianka	Bystrá	1931-2006	$Y = 0,8362x - 1623,9$
Štiavnička	Mýto pod Ďumbierom	1931-2006	$Y = 0,6043x - 1169,4$
Vajskovský potok	Dolná Lehota	1931-2006	$Y = 0,6515x - 1260,5$
Hron	Banská Bystrica	1931-2004	$Y = 0,2500x - 475,11$
Hron	Brehy	1931-2004	$Y = 0,1056x - 191,4$
Ipeľ	Holiša	1931-2004	$Y = -0,2688x + 550,87$
Krupinica	Plášťovce	1931-2006	$Y = 0,0614x - 98,643$
Litava	Plášťovce	1931-2006	$Y = 0,1497x - 272,34$
Dobšinský potok	Dobšiná	1931-2006	$Y = 0,8427x - 1637,3$
Štítnik	Štítnik	1931-2006	$Y = 0,214x - 403,85$
Rimavica	Lehota nad Rimavicou	1931-2006	$Y = 0,3333x - 636,39$
Poprad	Poprad – Matejovce	1931-2005	$Y = 0,0912x - 155,56$
Torysa	Košické Olšany	1931-2005	$Y = -0,1159x + 247,11$
Topľa	Hanušovce nad Topľou	1931-2005	$y = -0,1837x + 381,04$
Poprad	Chmeľnica	1931-2005	$Y = 0,1525x - 277,29$

7. PRIETOKOVÉ CHARAKTERISTIKY

Prietokové charakteristiky malej vodnosti delíme na štatistické - základné, pozičné a štatistické - pravdepodobnostné.

Štatistické - základné charakteristiky sú odvodené z radov priemerných denných prietokov - priemer, minimum, maximum. Pozičné charakteristiky minimálnych prietokov sú odvodené zo zostupne zoradených priemerných denných prietokov a určujú sa podľa pozície, ktorú v takto upravenom rade zaujímajú. Predstavujú ich čiary prekročenia priemerných denných prietokov, vyjadrené buď v dňoch, alebo v %. Štatistické - pravdepodobnostné prietoky sú odvodené z čiar prekročenia priemerných denných, priemerných mesačných, resp. minimálnych mesačných prietokov a ich odčítaním príslušnej pravdepodobnosti prekročenia, resp. nedostúpenia

7.1. Štatistické charakteristiky- základné

Spracovanie pre celé Slovensko nájdeme v TABUĽKOVEJ PRÍLOHE 3 a v TABUĽKOVEJ PRÍLOHE 4. Ukážka z TABUĽKOVEJ PRÍLOHY 3 a 4 je v Prílohe 37, Prílohe 38, Prílohe 39 a Prílohe 40. Príklad takéhoto výstupu a jednotlivé štatistické charakteristiky sú uvedené v TAB. 7.1.1 Najmenšie priemerné denné prietoky za jednotlivé mesiace vo vodomernej stanici Hron - Brezno.

Štatistické charakteristiky- minimálne mesačné, sezónne a ročné prietoky, ako aj dlhodobé hodnoty – minimálne prietoky minimálne a minimálne prietoky priemerné boli vypočítané z databankového výstupu minimálnych mesačných prietokov.

V každom roku sú uvedené minimálne mesačné prietoky, minimálny prietok v zimnej sezóne (október – marec), minimálny prietok v letnej sezóne (apríl – september) a ročný minimálny prietok. Zvýraznené sú prietoky, ktoré za celé vyhodnotenú obdobie predstavujú minimálnu hodnotu v danom mesiaci, sezóne a roku. Dlhodobé hodnoty v spodnej časti tabuľky predstavujú najmenšie hodnoty za celé obdobie (zhodujú sa s vyznačenými prietokmi) a priemerné hodnoty za celé obdobie.

TAB. 7.1.1 Minimálne mesačné, sezónne a ročné prietoky vo vodomernej stanici Hron Brezno

Rok	Najmenšie priemerné denné prietoky za jednotlivé mesiace														
	Hron – Brezno														
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Leto	Zima	Rok
1931	8,90	3,50	3,30	3,60	4,30	7,90	6,10	3,40	2,60	3,30	4,60	3,60	2,600	3,300	2,600
1932	4,90	3,10	2,80	2,20	2,20	3,60	5,40	5,80	3,50	2,10	2,60	2,90	2,100	2,200	2,100
1933	3,00	2,10	1,90	1,90	1,68	1,32	2,10	2,30	5,30	2,50	2,30	2,10	2,100	1,320	1,320
1934	9,00	2,50	3,40	2,70	3,80	8,10	2,50	2,10	2,10	1,56	2,30	2,30	1,560	2,500	1,560
1935	4,80	7,10	3,80	3,40	6,70	8,50	8,50	2,90	1,90	1,56	1,56	1,56	1,560	3,400	1,560
1936	2,50	2,70	7,00	7,60	14,70	17,90	11,80	7,60	2,90	5,30	2,50	2,50	2,500	2,500	2,500
1937	2,50	2,50	2,10	2,20	7,60	12,30	10,90	4,80	2,70	1,90	8,10	4,80	1,900	2,100	1,900
1938	4,80	10,40	5,70	5,10	6,70	3,30	5,30	2,30	1,68	1,44	3,80	3,40	1,440	3,300	1,440
1939	3,40	4,30	3,70	4,00	4,40	6,70	7,10	7,60	1,90	1,44	1,44	2,50	1,440	3,400	1,440
1940	5,70	2,40	1,90	2,10	2,10	4,30	7,60	5,30	6,20	2,50	2,90	1,90	1,900	1,900	1,900
1941	5,30	3,80	2,70	3,00	5,20	10,30	9,90	7,00	5,00	5,00	4,80	4,80	4,800	2,700	2,700
1942	5,20	4,80	2,70	2,60	2,80	5,80	5,80	4,00	3,60	2,40	2,20	2,60	2,200	2,600	2,200
1943	2,00	1,90	1,80	2,20	2,80	3,70	1,70	2,20	2,80	1,20	1,25	1,20	1,200	1,800	1,200
1944	1,26	1,31	1,27	1,26	3,00	3,40	10,10	7,70	7,70	2,90	2,50	3,00	2,500	1,260	1,260
1945	15,60	17,00	6,40	2,20	7,00	15,40	11,00	8,20	2,20	2,00	2,10	1,90	1,900	2,200	1,900
1946	2,00	4,70	2,30	2,30	3,40	9,40	5,60	3,90	3,20	1,90	1,50	1,50	1,500	2,000	1,500
1947	2,10	1,49	1,33	1,39	1,30	5,60	2,00	1,70	1,65	1,33	1,30	1,22	1,220	1,300	1,220
1948	1,39	2,20	5,70	4,30	3,80	9,40	6,00	4,60	4,70	2,00	1,49	1,65	1,490	1,390	1,390
1949	2,00	1,30	1,40	1,43	1,83	6,30	3,70	2,80	2,40	2,60	1,90	2,10	1,900	1,300	1,300
1950	1,68	6,30	3,00	3,20	5,00	4,40	3,60	2,10	1,88	1,65	1,30	2,20	1,300	1,680	1,300
1951	3,90	7,10	5,60	5,00	6,20	12,60	10,50	9,30	4,10	3,30	2,10	1,98	1,980	3,900	1,980
1952	2,10	2,00	4,30	4,40	3,70	17,20	5,10	3,50	1,80	1,72	1,88	2,90	1,720	2,000	1,720
1953	7,60	5,20	6,00	5,60	4,40	8,40	6,00	4,80	6,10	3,50	2,30	2,30	2,300	4,400	2,300
1954	1,60	1,72	1,70	1,24	1,60	3,70	7,60	11,40	7,20	3,60	2,50	1,95	1,950	1,240	1,240
1955	1,75	1,92	3,60	6,80	4,00	9,10	8,70	4,00	3,20	4,20	4,40	4,00	3,200	1,750	1,750

1956	3,60	3,30	3,20	2,20	4,00	9,00	5,50	4,30	2,80	2,20	1,60	1,40	1,400	2,200	1,400
1957	1,35	2,20	2,80	2,00	2,00	6,60	4,40	2,80	3,00	2,60	2,60	2,70	2,600	1,350	1,350
1958	2,42	2,60	2,10	2,80	3,20	8,50	6,00	6,10	4,20	3,60	2,30	2,34	2,300	2,100	2,100
1959	3,60	3,10	5,20	2,30	5,48	3,90	4,80	4,90	7,60	4,80	2,72	2,44	2,440	2,300	2,300
1960	1,90	2,70	1,90	2,30	4,20	7,50	5,20	5,50	4,90	7,10	4,40	4,60	4,400	1,900	1,900
1961	6,77	6,45	5,37	4,58	4,41	3,15	2,35	3,30	2,65	1,90	1,20	1,20	1,200	3,150	1,200
1962	1,90	4,15	3,40	3,22	3,20	21,20	8,56	4,44	3,06	1,76	1,48	1,34	1,340	1,900	1,340
1963	1,76	3,06	1,80	2,18	2,38	11,20	7,24	4,16	2,88	3,06	3,24	3,06	2,880	1,760	1,760
1964	3,06	2,40	2,65	2,80	2,54	3,42	2,70	2,06	3,24	2,22	2,54	2,22	2,060	2,400	2,060
1965	6,44	7,52	3,99	2,40	2,00	13,00	13,70	10,30	8,50	6,10	4,85	3,60	3,600	2,000	2,000
1966	2,80	3,40	1,20	1,20	5,70	5,35	4,70	3,80	3,15	5,10	3,42	2,40	2,400	1,200	1,200
1967	5,00	4,60	2,60	2,18	7,00	12,10	7,60	5,30	3,60	2,70	2,10	2,81	2,100	2,180	2,100
1968	2,50	2,80	2,00	2,15	3,90	6,85	4,45	3,70	2,70	2,65	2,95	3,10	2,650	2,000	2,000
1969	2,90	2,50	2,02	2,14	3,14	9,20	4,95	4,30	3,60	3,00	2,50	2,25	2,250	2,020	2,020
1970	2,50	3,30	3,00	2,60	2,90	18,10	9,10	6,17	6,45	7,20	3,62	3,15	3,150	2,500	2,500
1971	3,30	4,93	4,55	4,00	3,60	9,40	7,35	7,03	3,82	3,50	2,80	2,61	2,610	3,300	2,610
1972	2,50	2,60	2,10	2,03	4,80	4,80	9,20	9,70	5,20	3,40	3,50	3,50	3,400	2,030	2,030
1973	3,30	1,70	1,34	1,55	2,67	4,28	3,35	3,20	4,60	2,71	1,94	1,98	1,940	1,340	1,340
1974	1,80	1,55	1,70	2,65	3,90	4,06	4,40	6,10	3,84	3,20	3,00	16,30	3,000	1,550	1,550
1975	7,75	6,50	5,60	4,50	4,60	9,50	8,40	8,70	5,80	3,85	3,46	3,11	3,110	4,500	3,110
1976	3,20	2,80	2,80	2,70	3,62	11,60	6,48	3,31	2,25	2,25	3,11	4,35	2,250	2,700	2,250
1977	7,01	7,50	4,80	5,99	19,90	14,30	7,50	3,45	2,58	3,70	3,75	3,05	2,580	4,800	2,580
1978	2,93	3,23	3,06	2,88	5,85	7,22	10,97	7,38	4,80	4,44	3,76	3,44	3,440	2,880	2,880
1979	2,70	2,16	2,08	3,73	3,99	12,47	6,68	5,52	3,13	2,64	2,66	2,44	2,440	2,080	2,080
1980	2,53	7,46	4,34	3,41	2,93	10,09	7,36	5,41	6,30	4,99	4,14	4,02	4,020	2,530	2,530
1981	8,67	5,60	4,20	3,68	3,67	5,69	4,14	8,28	4,22	2,49	2,41	2,74	2,409	3,670	2,409
1982	3,85	3,61	3,85	3,60	4,10	6,69	6,07	3,80	3,36	2,63	2,12	2,30	2,120	3,600	2,120
1983	2,18	2,60	4,46	5,13	5,81	11,83	6,88	3,28	2,29	2,05	1,83	1,96	1,830	2,181	1,830
1984	1,82	1,82	1,69	1,68	2,41	5,45	5,14	8,07	3,42	2,90	2,59	6,10	2,592	1,680	1,680
1985	4,35	3,62	3,10	2,90	2,90	8,26	8,33	10,14	5,88	5,21	2,94	2,32	2,320	2,900	2,320

1986	2,51	2,70	2,80	2,42	2,42	10,51	5,31	6,10	2,92	2,64	1,78	1,70	1,695	2,415	1,695
1987	1,66	1,36	1,36	1,36	1,36	8,86	7,93	5,87	2,99	1,86	1,44	1,78	1,440	1,355	1,355
1988	1,61	2,69	2,83	3,39	3,30	10,58	7,72	6,49	4,80	3,27	4,53	3,07	3,067	1,610	1,610
1989	1,99	1,99	1,61	1,70	5,66	8,27	6,97	7,93	3,68	2,35	1,96	1,79	1,793	1,610	1,610
1990	1,91	1,75	1,84	2,08	3,27	5,53	6,30	4,38	3,37	2,09	1,65	2,20	1,653	1,751	1,653
1991	4,64	5,09	2,61	2,22	2,11	6,21	6,30	5,77	4,69	3,28	1,94	1,80	1,795	2,112	1,795
1992	2,52	4,26	2,00	2,72	2,89	8,29	4,72	3,42	2,75	1,76	1,65	1,82	1,648	2,003	1,648
1993	5,02	3,27	3,07	2,86	2,67	4,13	3,18	2,22	1,62	1,28	1,79	1,95	1,278	2,671	1,278
1994	2,26	2,37	4,31	2,96	6,30	16,70	7,70	4,66	1,95	1,77	2,26	3,39	1,769	2,263	1,769
1995	5,26	3,72	2,50	2,94	6,28	7,44	10,11	7,60	4,00	2,50	4,56	2,86	2,504	2,496	2,496
1996	2,13	1,81	2,04	2,10	1,81	5,08	11,23	7,31	3,99	3,09	7,36	4,10	3,094	1,813	1,813
1997	3,51	3,18	2,19	2,14	3,08	3,33	5,10	3,26	5,31	3,48	2,47	1,90	1,901	2,136	1,901
1998	2,02	3,44	2,51	2,50	2,95	2,96	4,79	4,41	2,72	2,41	2,22	7,10	2,219	2,023	2,023
1999	5,20	2,28	1,71	1,90	2,39	13,13	4,17	4,06	6,48	3,97	2,28	2,12	2,118	1,711	1,711
2000	1,70	1,50	1,61	2,11	2,26	14,84	3,88	3,18	3,01	2,70	1,88	1,69	1,692	1,500	1,500
2001	2,23	2,09	5,40	3,91	4,40	10,93	3,92	2,56	2,69	4,03	3,73	2,98	2,558	2,085	2,085
2002	2,68	2,33	2,28	4,22	6,63	5,73	4,00	2,90	2,12	6,11	3,96	3,82	2,117	2,279	2,117
2003	7,28	4,30	3,32	2,53	2,72	5,20	6,04	2,73	1,95	1,29	1,33	1,72	1,289	2,534	1,289
2004	1,69	1,32	1,65	1,63	1,83	7,83	7,53	5,81	3,73	3,59	2,32	2,11	2,112	1,322	1,322
2005	2,87	2,90	2,50	2,31	2,13	16,37	8,23	4,05	3,26	6,00	3,84	2,97	2,970	2,125	2,125
2006	2,191	2,787	2,97	2,575	2,575	19,06	7,425	7,236	4,108	4,08	2,295	1,872	1,872	2,191	1,872
Minimum	1,26	1,30	1,20	1,20	1,30	1,32	1,70	1,70	1,62	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Priemer	3,61	3,58	3,04	2,92	4,08	8,61	6,46	5,10	3,74	3,06	2,74	2,85	2,23	2,27	1,85

7.2. Nedostúpenie priemerných mesačných prietokov jednotlivých mesiacov

Spracovanie pre celé Slovensko nájdeme v TABUĽKOVEJ PRÍLOHE 6. Ukážka z TABUĽKOVEJ PRÍLOHY 6 je v Prílohe 42 a v Prílohe 43.

K výpočtu boli použité priemerné mesačné prietoky za jednotlivé mesiace.

Všetky výpočty prebehli v prostredí EXCEL. Súborny jednotlivých mesačných prietokov boli zoradené vzostupne. Pre takto urobený výber priemerných mesačných prietokov sa vypočítajú empirické pravdepodobnosti nedostúpenia jeho členov. Tieto empirické pravdepodobnosti nedostúpenia sú funkciou polohy člena súboru v stúpajúcom rade a rozsahu súboru podľa všeobecného vzťahu:

$$P(m) = f(m,n)$$

Kde $P(m)$ je empirická pravdepodobnosť nedostúpenia, m je poradové číslo (poloha) člena súboru v stúpajúcom rade, n je rozsah súboru

V tejto práci sme pre výpočet pravdepodobnosti použili vzorec:

$$P = \frac{m}{n+1} * 100$$

Empirické pravdepodobnosti nedostúpenia a im odpovedajúce hodnoty priemerných mesačných prietokov sa vynášajú do logaritmicke - pravdepodobnostnej siete, kde na vodorovnú os sa vynášajú empirické pravdepodobnosti a na zvislú os hodnoty minimálnych prietokov. Vynesené pole bodov nám charakterizuje empirickú pravdepodobnosť nedostúpenia minimálnych prietokov.

Pravdepodobnostné siete so špeciálnym pravouhlým systémom majú tú vlastnosť, že všeobecné tvary empirických čiar nedostúpenia sa v nich viac vyrovnávajú, čo umožňuje spoľahlivejšiu extrapoláciu do oblastí vysokých a nízkych pravdepodobností, kde v dôsledku krátkych pozorovacích radov empirická čiara nedostúpenia spravidla nie je overená priamym pozorovaním.

Prostredie EXCEL umožňuje vytvorenie takýchto pravdepodobnostných sietí a neporovnateľne urýchľuje spracovanie a výpočet oproti poslednému spracovaniu čiar prekročenia priemerných mesačných prietokov.

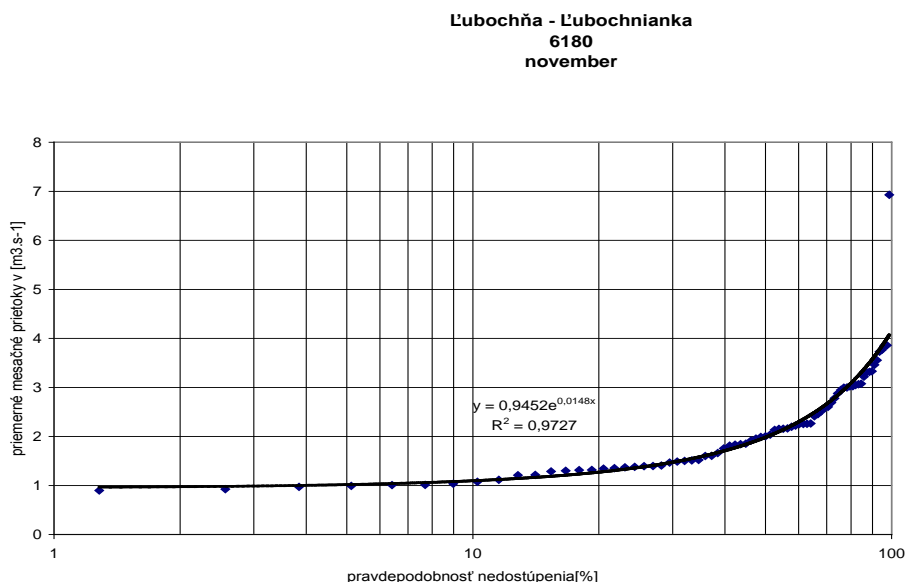
Empirické čiary nedostúpenia a ich štatistické charakteristiky nám poskytujú základné informácie o napozorovanom (výberovom) súbore časového radu minimálnych prietokov a podmienok jeho tvorby v minulosti, od ktorých sa odvíjajú všetky metodické postupy výpočtov teoretických čiar nedostúpenia a ich parametrov, slúžiace na vyrovnanie a extrapoláciu empirických čiar nedostúpenia. Vo svojom grafickom vyjadrení nám dávajú názornú predstavu o zákonitosti rozdelenia početnosti danej náhodnej veličiny a v konečnom dôsledku umožňujú posúdiť mieru zhody empirickej a teoretickej čiary nedostúpenia.

Pri dostatočne dlhých pozorovacích radoch možno s prijateľnou presnosťou graficky extrapolovať empirickú čiaru nedostúpenia a stanoviť tak hodnoty prietokov pre menšie pravdepodobnosti. V doterajšej hydrologickej praxi je tento spôsob extrapolácie skôr výnimkou ako pravidlom.

Rozptyl empirických bodov od vyrovnávajúcej čiary nedostúpenia býva v konkrétnych prípadoch dosť veľký. Spôsobený je zložitou podmieňujúcich kauzálnych pôsobiacich príčin, akými môžu byť: náhodný výber napozorovaného radu zo základného súboru, dĺžka pozorovania, kvalita a spoľahlivosť napozorovaných údajov, homogenita podmienok tvorby odtokového procesu a pod.

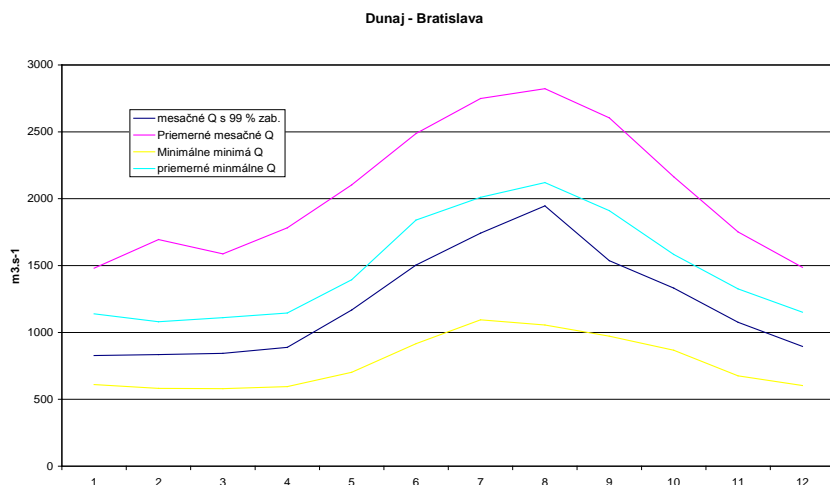
Prostredie EXCEL sme využili aj k tomu, že empirické čiary sme nevyrovnávali teoretickou čiarou konkrétneho rozdelenia, trendovou čiarou v exponenciálnom tvare. Extrapolácia teoretických hodnôt prekročenia prebieha podľa exponenciálnej rovnice, pričom tento postup je v intenciách uvedenej OTN.

Nasledujúci obrázok, spracovanie prekročenia priemerných novembrových mesačných prietokov vo vodomernej stanici Ľubochňanka - Ľubochňa, nie je dokumentovaním výnimky, ale pravidla, že na spracovanie čiar prekročenia je uvedený postup vhodný.



OBR. 7.2.1 Príklad na čiaru nedostúpenia priemerných mesačných prietokov

Pre každú vodomernú stanicu, pre ktorú boli spracované čiary prekročenia priemerných mesačných prietokov sme graficky porovnávali priebeh dlhodobých priemerných mesačných prietokov a priemerných mesačných prietokov s 99 % zabezpečenosťou (resp. s 1 % nedostúpením). Platí pravidlo, podľa ktorého obidve tieto čiary majú identický priebeh. Na OBR. 7.2.2. uvádzame príklad pre vodomernú stanicu Dunaj – Bratislava, kde sú okrem zabezpečnosti 99 % vynesené aj priebehy priemerných minimálnych prietokov a minimálnych prietokov.



OBR. 7.2.2 Porovnanie vybraných charakteristík mesačných prietokov Dunaj - Bratislava

7.3. 7- dňové minimálne prietoky

Spracovanie pre celé Slovensko nájdeme v TABUĽKOVEJ PRÍLOHE 5. Ukážka z TABUĽKOVEJ PRÍLOHY 5 je v Prílohe 41.

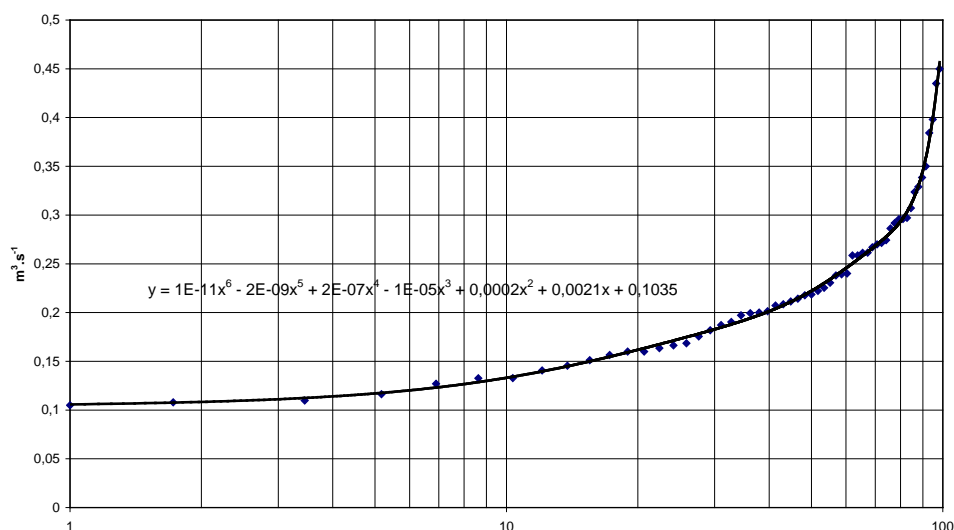
Minimálny 7-dňový prietok je najmenší priemerný prietok sedem po sebe idúcich dní za hydrologický rok. Nakoľko v hydrologickom informačnom systéme sa nenachádza software na výber a výpočet charakteristík, súvisiacich so 7-dňovým prietokom, bolo v prostredí VISUAL BASIC vytvorené makro na výber 7-dňových prietokov za každý hydrologický rok.

Pre jednotlivé vodomerné stanice boli vypočítané:

- 1) priemerné 7-dňové prietoky za spracované obdobie $Q_{7dnípr}$
- 2) najmenší 7-dňový prietok za spracované obdobie $Q_{7dnímin}$
- 3) 7-dňový storočný prietok $Q_{7dní100rokov}$

Pri výpočte $Q_{7dní100rokov}$ bol uplatnený ten istý postup, ako pri nedostúpení priemerných mesačných prietokov. Namiesto vyrovnania empirickej čiary použitím čiary exponenciálneho typu, ako pri priemerných mesačných prietokoch bolo pri 7-dňových prietokoch použité vhodnejšie vyrovnanie polynómom 6-stupňa.

Veselianka-Oravská Jasenica,1951-2007



OBR. 7.3.1 Empirická čiara nedostúpenia Q_{7dni} pre vodomernú stanicu Veselianka-Oravská Jasenica.

7.4. M - denné prietoky

M-denné prietoky patria podľa STN 75 1400 medzi základné hydrologické charakteristiky povrchových tokov. Metodické postupy pre výpočet M-denných prietokov nájdeme v STN 75 1410-1 2000: Hydroológia. Hydrologické údaje povrchových vôd. Kvantifikácia priemernej vodnosti. Časť 1: Charakteristiky denných stavov a prietokov. Ako vstupné údaje pre spracovanie sa používajú časové rady priemerných denných prietokov - M-denné prietoky sa spracúvajú z priemerných denných prietokov a vždy prináležia obdobiu, z ktorého boli spracované. M-denný prietok - priemerný denný prietok dosiahnutý alebo prekročený po M-dní v zvolenom období. 330, 355 a 364-denné prietoky sú prietoky s vysokou zabezpečenosťou a v slovenskej hydroológii sú to najdôležitejšie prietokové charakteristiky malej vodnosti, z hľadiska hydrologického, vodohospodárskeho a environmentálneho významu. Určenie M-denných prietokov na tokoch Slovenska v zmysle Zákona 364/2004 Z. z. a v súlade s Rámcovou smernicou o vodách zabezpečuje potrebné podklady pri koncepcii trvalo udržateľného využívania vôd a ich ochrany. V súčasnosti Hydrologická služba Slovenského hydrometeorologického ústavu používa M – denné prietoky za nové referenčné obdobie 1961-2000. M – denné prietoky boli spracované v rámci úlohy Spracovanie hydrologických charakteristík, M – denné prietoky za obdobie 1961-2000, preto ich postup pri odvodzovaní neuvádzame, boli však použité pri analýze výsledkov a pri porovnávaní s ostatnými charakteristikami minimálnych prietokov.

7.5. Výskyt sucha

Výskyt sucha bol hodnotený na základe tabelárnych výstupov, ktorých príklad je uvedený v tejto kapitole TAB. 7.1. Na základe tabelárnych výstupov vodomerných staníc Národného klimatického programu bola spracovaná analýza výskytu minimálnych prietokov.

Na základe údajov z takmer 200 vodomerných staníc bola spracovaná analýza sezónnosti podľa mesiaca najčastejšieho výskytu minimálneho prietoku, podľa Burna a na základe spracovania histogramov výskytov $Q_{\min} \leq Q_{95}$ (Laaha, 2006) bolo Slovensko rozdelené na regionálne typy, ktorých výsledky sú uvedené v kapitole výsledky.

7.6. Vývoj malej vodnosti

Minimálne ročné prietoky, minimálne mesačné prietoky a vybrané kvantily M-denných prietokov (10,30,90,180,270,330,355 a 364 denné prietoky za jednotlivé roky) boli graficky vynesené a prekladané priamkami lineárneho trendu v prostredí EXCEL.

7.7. Výsledky

7.7.1. Zhodnotenie výskytu sucha⁹

Tabelárne výstupy - Minimálne mesačné, sezónne a ročné prietoky pre vodomerné stanice sú v prílohe Záverečnej správy. Hodnoty v nich boli využité pri nasledujúcom hodnotení:

Morava

Na Morave sa najmenší ročný prietok (najmenší priemerný denný prietok v roku) vyskytol 2. augusta 1934 - $7,70 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Výskyt najmenších mesačných prietokov viaže na obdobie do roku 1934, kedy sa vyskytlo minimum až v deviatich mesiacoch. Mimo tohto obdobia sa v roku 1948 vyskytol minimálny mesačný prietok v novembri, v roku 1974 v marci a v roku 1990 v septembri. Najmenší minimálny prietok vegetačného obdobia sa vyskytol v roku 1934 - $19,833 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Z hodnotenia neprietokových charakteristík sucha vyplýva, že na Morave v Moravskom Jáne bolo suché obdobie čo do trvania aj čo do nedostatkového objemu v čase od 27.7.1947 do 13.11.1947.

V slovenskej časti povodia Moravy bola analýza výskytu sucha hodnotená v 14 vodomerných staniciach, z ktorých ale najdlhší prietokový rad majú vodomerné stanice,

⁹ Neprietokové charakteristiky v tomto hodnotení sú pre prahovú hodnotu Q_{90}

kde sa z vyhodnocovaním prietokov začalo v roku 1961. Až na rok 1973, kedy sa najmenší priemerný denný prietok vyskytol v dvoch vodomerných staniaciach, výskyt minim v ostatných vodomerných staniaciach je vždy v inom roku. Vo vodomerných staniaciach Lopašov-Chvojnica, Myjava-Myjava, Rohožník Rudávka a Zohor-Suchý potok sa vyskytli nulové prietoky. Najdlhšie trvajúce suchá a s najväčším nedostatkovým objemom sa vyskytli v rokoch 1990 a 1992. Pri analýze výskytu sucha sa predovšetkým vychádzalo z tabuliek Najmenšie priemerné denné prietoky za jednotlivé mesiace, sezóny a roky, ktoré budú súčasťou Záverečnej správy úlohy.

TAB. 7.7.1 Morava - Sucho s najväčším nedostatkovým objemom a najdlhšie trvajúce sucho

P.č.	Dat.číslo	Tok	Stanica	tis.m ³	Dátum	Dni	Dátum
1.	5030	Myjava	Šaštín-Stráže	2731,88	15.7.1992-5.12.1992	144	15.7.1992-5.12.1992
2.	5040	Morava	Moravský Ján	108732,7	27.7.1947-13.11.1947	110	27.7.1947-13.11.1947
3.	5070	Rudava	Studienka	1478,3	9.7.1990-29.10.1990	113	9.7.1990-29.10.1990
4.	5100	Močiarka	Láb	253,76	17.6.1992-6.10.1992	112	17.6.1992-6.10.1992
5.	5120	Stupávka	Borinka	297,99	22.7.1993-21.10.1993	101	12.8.1990-20.11.1990

Dunaj

Na samotnom Dunaji je k dispozícii najdlhší prietokový rad zo všetkých vodomerných staníc na Slovensku, z tohto dôvodu je hodnotenie výskytu najobjektívnejšie.

Najmenší priemerný denný prietok na Dunaji v Bratislave sa vyskytol 6.1.1909-580 m³.s⁻¹. Výskyt najmenších priemerných denných prietokov v jednotlivých mesiacoch je rovnomerne rozložený na celých viac ako 110 rokov, aj keď v známom suchom období 1947-1949 sa vyskytli 4 najmenšie denné prietoky v jednotlivých mesiacoch. Najmenšie priemerné denné prietoky za celé pozorovacie obdobie v mesiacoch august a september pripadajú na suchý rok 2003. Na základe hodnotenia neprietokových charakteristík malej vodnosti (najdlhšie trvajúce sucho a sucho s najväčším nedostatkovým objemom) najvýznamnejšia prietoková depresia na Dunaji v Bratislave sa vyskytla v období od 4.10.1953 do 17.1.1954.

V čiastkovom povodí Dunaj okrem samotného Dunaja sú vyhodnocované prietoky už iba na Vydrici. Vo vodomernej stanici za obdobie 1961-2008 niekoľkokrát došlo k vyschnutiu toku. Bolo tomu tak v septembri 1992 a v auguste 2007.

TAB. 7.7.2 Dunaj - Sucho s najväčším nedostatkovým objemom a najdlhšie trvajúce sucho

P.č.	Dat.číslo	Tok	Stanica	tis.m ³	Dátum	Dni	Dátum
1.	5130	Vydrica	Spariská	68,95	7.7.2003- 9.1.2004	185	7.7.2003- 9.1.2004
2.	5140	Dunaj	Bratislava	2486764,80	4.10.1953- 17.1.1954	106	4.10.1953- 17.1.1954
3.	5145	Dunaj	Medveďov	670187,52	6.10.1991- 18.11.1991	44	6.10.1991- 18.11.1991

Váh

Pre všetky vodomerné stanice, ktoré vyhodnocujú prietoky 30 rokov a viac boli spracované výstupy - najmenšie denné prietoky za jednotlivé mesiace roky a sezóny. Ukážka výstupu pre vodomernú stanicu Belá- Podbanské tvorí prílohu 8.1. Bez ohľadu na dĺžku prietokových radov neprevláda rok s dominantným výskytom prietokového minima, rovnako je to aj s výskytom minimálnych mesačných prietokov. Predsa len možno konštatovať, že najviac absolútnych miním sa vyskytol počas suchého obdobia v rokoch 1991 až 1993. Aj pri hodnotení neprietokových charakteristík- najdlhšie trvajúce sucho a sucho s najväčším nedostatkovým objemom sa ukázalo, že v roku 1992 sa vyskytlo suché obdobie, ktoré čo do významnosti a rozsahu prekonala len letno-jesenná prietoková depresia v roku 1947.

TAB. 7.7.3 Váh - Sucho s najväčším nedostatkovým objemom a najdlhšie trvajúce sucho

P.č.	Dat.číslo	Tok	Stanica	tis.m ³	Dátum	Dni	Dátum
1.	5330	Biely Váh	Východná	1588,60	20.12.1996- 24.2.1992	110	12.9.1986- 30.12.1986
2.	5400	Belá	Podbanské	4290,60	8.11.1943- 14.4.1944	159	8.11.1943- 14.4.1944
3.	5550	Váh	Liptovský Mikuláš	16217,30	3.12.1953- 3.3.1954	91	3.12.1953- 3.3.1954
4.	5740	Revúca	Podsuhá	9058,40	14.12.1972- 26.3.1973	103	14.12.1972- 26.3.1973

5.	5790	Ľubochňanica	Ľubochňa	3409,40	6.1.1972- 2.4.1972	103	4.12.1963- 21.3.1964
6.	6130	Turiec	Martin	9834,50	15.7.1992- 16.10.1992	94	15.7.1992- 16.10.1992
7.	6180	Kysuca	Čadca	4177,44	31.8.1951- 23.11.1951	85	31.8.1951- 23.11.1951
8.	6200	Kysuca	Kysucké Nové Mesto	8638,20	23.9.1951- 22.11.1951	74	23.12.1946- 6.3.1947
9.	6300	Rajčianka	Poluvsie	3726,90	7.8.1947- 10.11.1947	95	7.8.1947- 10.11.1947
10.	6400	Biela Voda	Dohňany	1409,36	20.7.2003- 4.10.2003	93	14.7.1992- 16.10.1992
11.	5260	Gidra	Pila	193,62	24.7.2003- 1.11.2003	97	24.7.2003- 1.11.2003
12.	6540	Nitra	Nedožery	2522,88	28.7.1947- 9.11.1947	105	28.7.1947- 9.11.1947
13.	6550	Handlovka	Handlová	768,96	23.7.1947- 10.11.1947	131	23.7.1947- 10.11.1947
14.	6620	Nitrica	Liešťany	1628,73	11.6.1973- 24.9.1973	105	11.6.1973- 24.9.1973
15.	6730	Nitra	Nitrianska Streda	17746,60	25.7.1947- 10.11.1947	117	28.6.1935- 23.10.1935
16.	6820	Žitava	Vieska nad Žitavou	1801,44	2.8.1962- 2.11.1962	94	15.7.1992- 16.10.1992

V tabuľke 7.7.3. sú uvedené neprietokové charakteristiky malej vodnosti.

Hron

Najmenší priemerný denný prietok na Hrone v Banskej Bystrici sa vyskytol 24.2.1954 – $4,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, v Brehoch 18.9.1949 - $7,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Výskyt najmenších priemerných denných prietokov v jednotlivých mesiacoch je v oboch staniách rozložený po celú dobu pozorovania, najväčší počet najmenších denných prietokov v mesiacoch je v roku 1954, v ktorom boli vyhodnotené 3 najmenšie hodnoty v Banskej Bystrici.

Na základe hodnotenia neprietokových charakteristík malej vodnosti (najdlhšie trvajúce sucho a sucho s najväčším nedostatkovým objemom) najdlhšia depresia na Hrone v Banskej Bystrici trvala od 3.8.2003 do 4.10.2003, ale depresia s najväčším nedostatkovým objemom bola od 8.11.1953 do 3.3.1954. V Brehoch bola najdlhšia depresia a zároveň najväčší nedostatkový objem od 24.7.1947 do 10.11.1947.

Na prítokoch Hrona sa v hodnotených staniaciach najmenšie priemerné prietoky vyskytli počas letno-jesennej depresie, alebo v zime. Počet výskytov najmenších priemerných denných prietokov v jednotlivých mesiacoch je najväčší v období 1981-1990 okrem Štiavničky v Mýte pod Ďumbierom, kde je výskyt rozložený po celú dobu pozorovania. Depresia s najväčším nedostatkovým objemom na Čiernom Hrone v Hronci bola v lete, na prítokoch Nízkych Tatier boli najväčšie zimné depresie.

TAB. 7.7.4. Hron - Sucho s najväčším nedostatkovým objemom a najdlhšie trvajúce sucho

P.č.	Dat.číslo	Tok	Stanica	tis.m ³	Dátum	Dni	Dátum
1.	6950	Hron	Zlatno	1721,40	26.10.86- 20.2.87	118	26.10.86- 20.2.87
2.	7015	Hron	Brezno	7316,10	27.10.86- 15.2.87	111	27.10.86- 15.2.87
3.	7045	Čierny Hron	Hronec	1793,80	28.7.47- 12.11.47	108	28.7.47- 12.11.47
4.	7060	Bystrianka	Bystrá	1275,90	17.10.88- 25.2.89	131	17.10.88- 25.2.89
5.	7065	Štiavnička	Mýto pod Ďumbierom	694,7	13.12.72- 23.3.73	100	13.12.72- 23.3.73
6.	7070	Vajskovský	Dolná Lehota	1027,30	5.12.62- 11.3.63	97	5.12.62- 11.3.63
7.	7160	Hron	Banská Bystrica	21529,30	8.11.53- 3.3.54	113	8.11.53- 3.3.54
8.	7290	Hron	Brehy	45099,10	24.7.47- 10.11.47	109	24.7.47- 10.11.47

V tabuľke 7.7.4. sú uvedené neprietokové charakteristiky malej vodnosti.

Ipeľ

V povodí Ipeľa sú k dispozícii najdlhšie prietokové rady od roku 1931. Hlavný tok Ipeľa hodnotíme podľa vodomernej stanice Holiša, ktorá je od roku 1993 ovplyvňovaná VN Málinec. Najmenší priemerný denný prietok sa na Ipeľ v Holiši vyskytol 22.8.1947 - 0,01

$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Výskyt všetkých najmenších priemerných denných prietokov v jednotlivých mesiacoch je za celé pozorované obdobie sústredený do suchého obdobia 1947 až 1949. Na základe hodnotenia neprietokových charakteristík malej vodnosti (najdlhšie trvajúce sucho a sucho s najväčším nedostatkovým objemom) najvýznamnejšia prietoková depresia na Ipli v Holiši sa vyskytla v období od 19.7.1947 do 27.11.1947.

Na prítoku Ipla Krivánskom potoku v Lučenci sa najmenší priemerný denný prietok vyskytol 11.7.1968, na Krupinici v Plášťovciach 2.1.1973 a Litave v Plášťovciach 1.9.1961. Všetky výskyt najmenších priemerných denných prietokov v jednotlivých mesiacoch vo vodomernej stanici Krivánsky potok – Lučenec boli do roku 1968, od roku 1973 začala prevádzku sústava vodných diel Ružiná – Mýtne, ktoré ovplyvňujú prirodzený režim odtoku. Na Krupinici v Plášťovciach bolo sedem výskytov v období 1972-1976, na Litave v Plášťovciach je výskyt rovnomerne rozložený na celé obdobie pozorovania.

Najvýznamnejšia prietoková depresia (dĺžkou trvania aj najväčším nedostatkovým objemom) bola na Krivánskom potoku a Litave od júna do novembra 1947, na Krupinici od 26.9.1972 do 25.1.1973.

TAB. 7.7.5. Ipeľ - Sucho s najväčším nedostatkovým objemom a najdlhšie trvajúce sucho

P.č.	Dat.číslo	Tok	Stanica	tis.m^3	Dátum	Dni	Dátum
1.	7440	Ipeľ	Holiša	3596,80	19.7.47- 22.11.47	126	19.7.47- 22.11.47
2.	7480	Krivánsky	Lučenec	1439,42	1.6.47- 29.11.47	182	1.6.47- 29.11.47
3.	7580	Krupinica	Plášťovce	1244,70	26.9.72- 25.1.73	122	26.9.72- 25.1.73
4.	7600	Litava	Plášťovce	429,10	26.6.47- 4.11.47	132	26.6.47- 4.11.47

V tabuľke 7.7.5. sú uvedené neprietokové charakteristiky malej vodnosti.

Slaná

V povodí Slanej sú k dispozícii najdlhšie prietokové rady od roku 1931. Hlavný tok Slanej je od roku 1953 ovplyvňovaný prevodom vody z VN Palcmanová Maša. Najmenší priemerný denný prietok sa na Slanej v Lenártovciach vyskytol 28.9.1947- $0,80 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Výskyt najmenších priemerných denných prietokov v jednotlivých mesiacoch je počas pozorovaného obdobia nerovnomerne rozložený a sústreďuje sa do dvoch posledných desaťročí minulého storočia. Až päť výskytov najmenších priemerných denných prietokov za celé pozorovacie obdobie pripadlo na suchý rok 1993 a to na mesiace marec, máj, jún, júl a august.

Na základe hodnotenia neprietokových charakteristík malej vodnosti (najdlhšie trvajúce sucho a aj sucho s najväčším nedostatkovým objemom) najvýznamnejšia prietoková depresia na Slanej v Lenártovciach sa vyskytla v období od 14.6.1947 do 28.11.1947.

Na prítoku Slanej Dobšinskom potoku v Dobšinej, Štítniku v Štítniku a na prítoku Rimavy Blhu v Rimavskej Seči, ktoré majú dlhodobé pozorovanie, sa najmenší priemerný denný prietok vyskytol v lete 1993, na Rimavici v Lehote nad Rimavicou v máji 1964. Šesť výskytov najmenších priemerných denných prietokov v jednotlivých mesiacoch bol na Dobšinskom potoku v období 1992-1997, na Štítniku päť výskytov v rokoch 1947-1949 a štyri v roku 1993, na Rimavici prevažujú výskyty v období 1949-1964, na Blhu bolo päť výskytov v roku 1993. Najvýznamnejšia prietoková depresia (dĺžkou trvania aj najväčším nedostatkovým objemom) bola na Dobšinskom potoku od 1.9.1986 do 26.3.1987, na Štítniku a Blhu v roku 1993. Na Rimavici sa najdlhšia depresia vyskytla od 27.10.1986 do 14.2.1987, ale depresia s najväčším nedostatkovým objemom bola od 1.6.1993 do 14.9.1993.

TAB. 7.7.6. Slaná - Sucho s najväčším nedostatkovým objemom a najdlhšie trvajúce sucho

P.č.	Dat.číslo	Tok	Stanica	tis.m ³	Dátum	Dni	Dátum
1.	7660	Dobšinský potok	Dobšiná	1245,30	1.9.86- 26.3.87	207	1.9.86- 26.3.87
2.	7730	Štítnik	Štítnik	2116,50	23.5.93- 2.10.93	130	23.5.93- 2.10.93
3.	7820	Slaná	Lenártovce	16901,57	14.6.47- 28.11.47	165	14.6.47- 28.11.47
4.	7860	Rimavica	Lehota nad Rimavicou	1517,50	1.6.93- 14.9.93	111	27.10.86- 14.2.87
5.	7885	Blh	Rimavská Seč	941,50	15.6.93- 3.10.93	110	15.6.93- 3.10.93

Bodva

Povodie Bodvy je veľmi silne ovplyvňované využívaním vodných zdrojov, aj z tohto dôvodu sa absolútne prietokové minimum vyskytujú v rôznych mesiacoch roka a v každej vodomernej stanici povodia sa minimum vyskytlo v inom roku. Vo vodomernej stanici s najdlhším pozorovacím radom sa najmenší priemerný denný prietokov vyskytol 20. decembra 2000.

Hornád

Najdlhší prietokový rad v povodí Hornádu na Toryse v Košických Olšanoch najlepšie dokumentuje skutočnosť, že pri hodnotení výskytu extrémov a vývoja hydrologických charakteristík je potrebné uprednostniť objektívne hodnotenie dlhodobých radov pred subjektívnym nazeraním cez vývoj v posledných rokoch. Napriek užívaniu vodných zdrojov v povodiach hornej Toryse a Slavkovského potoka v posledných rokoch sa výskyt minim v podstate viaže na prvú polovicu pozorovacieho obdobia, resp. do roku 1974. V tomto roku sa vyskytol najmenší mesačný prietok v marci. Absolútne prietokové minimum sa vyskytlo 11. júla 1968. Najmenšie mesačné prietoky v auguste, septembri a v októbri boli v roku 1947. V ostatných vodomerných staniaciach v povodí Hornádu sa absolútne prietokové minimá vyskytli v rôznych rokoch, pričom prevláda výskyt v letných a jesenných mesiacoch, predovšetkým v júli. Vo vodomerných staniaciach s kratšími radmi je výskyt viazaný aj na roky 2002, 2003, 2006 a 2007.

TAB. 7.7.7 Hornád - Sucho s najväčším nedostatkovým objemom a najdlhšie trvajúce sucho

P.č.	Dat.číslo	Tok	Stanica	tis.m ³	Dátum	Dni	Dátum
1.	8530	Hnilec	Stratená	1397,17	5.11.86- 26.3.87	142	5.11.86- 26.3.87
2.	8680	Svinka	Obišovce	1818,72	18.8.61- 5.11.61	102	16.11.73- 26.2.84
3.	8870	Torysa	Košické Olšany	7932,30	11.10.63- 10.3.64	151	11.10.63- 10.3.64
4.	8930	Hornád	Ždaňa	29314,66	7.8.61- 4.11.61	93	28.11.63- 28.2.64

Bodrog

Pre povodie Bodrogu platí rovnaké konštatovanie, čo do spôsobu hodnotenia extrémov, ako pre povodie Hornádu. Vo vodomernej stanici s najdlhším prietokovým radom a bez výrazného ovplyvnenia prietokov, v Topli v Hanušovciach, sa najmenší priemerný denný prietok vyskytol 27. augusta 1947 počas známej prietokovej depresie. Na ňu sa na Topli viaže aj výskyt minimálnych mesačných prietokov v máji až v auguste a v októbri a v januári 1948. V ostatných vodomerných staniaciach sa najmenší priemerný denný prietok vyskytol v rôznych rokoch, pričom nenájdeme tri stanice, v ktorých sa minimum vyskytlo v rovnakom roku. V povodí jasne prevláda výskyt minim v letno-jesennom období nad výskytom počas zimy.

TAB. 7.7.8 Bodrog - Sucho s najväčším nedostatkovým objemom a najdlhšie trvajúce sucho

P.č.	Dat.číslo	Tok	Stanica	tis.m ³	Dátum	Dni	Dátum
1.	9320	Uh	Lekárovce	21727,18	5.8.61- 26.11.61	111	5.8.61- 26.11.61
2.	9410	Latorica	Veľké Kapušany	26683,78	5.8.61- 28.11.61	116	5.8.61- 28.11.61
3.	9500	Topľa	Hanušovce	7984,40	6.9.47- 10.11.47	94	12.11.86- 13.2.87
4.	9670	Bodrog	Streda nad Bodrogom	184228,13	4.8.61- 1.12.61	120	4.8.61- 1.12.61

Poprad

V povodí Popradu prevažná väčšina tokov pramení vo Vysokých Tatrách. Tieto toky majú výrazné prietokové minimum v zimných mesiacoch, preto aj výskyt tak prietokových, ako aj neprietokových charakteristík malej vodnosti sa vyskytujú v podstate od novembra až do marca.

Vo vodomerných staniciach s dlhými prietokovými radmi sa na Poprade v Matejovciach vyskytol najmenší priemerný denný prietok v prvej polovici marca 1987 a na Poprade v Chmelnici vo februári toho istého roku. Okrem Ľubice v Kežmarku, kde sa najmenší priemerný denný prietok vyskytol v októbri 1986, na všetkých ostatných tokoch v povodí Popradu je výskyt prietokového minima v zimných mesiacoch.

Aj výskyt neprietokových charakteristík malej vodnosti- najdlhšie trvajúceho sucha a sucha s najväčším nedostatkovým objemom sa viaže buď na prelom rokov, alebo na začiatok kalendárneho roka, teda na obdobie vrcholiacej zimy

TAB. 7.7.9 Poprad - Sucho s najväčším nedostatkovým objemom a najdlhšie trvajúce sucho

P.č.	Dat.číslo	Tok	Stanica	tis.m ³	Dátum	Dni	Dátum
1.	7930	Javorinka	Ždiar- Pospády	1021,33	14.1.96- 20.4.96	117	7.12.86- 2.4.87
2.	8080	Poprad	Matejovce	5008,80	29.10.86- 25.3.87	147	29.10.86- 25.3.87
3.	8070	Slavkovský potok	Poprad	520,99	26.12.68- 23.2.69	85	3.1.87- 28.3.87
4.	8320	Poprad	Chmelnica	10685,30	1.1.64- 21.3.64	82	3.1.84- 24.3.84

Pre 32 vybraných vodomerných staníc, ktoré sú súčasťou vodomerných staníc pre Národný klimatický program, sme spracovali analýzu výskytu minimálnych mesačných prietokov v jednotlivých desaťročiach. Sumárne výsledky pre všetky hodnotené vodomerné stanice, t.j. početnosť výskytu minimálnych mesačných prietokov za celé sledované obdobie (ktorých konečná suma je teda 12) uvádzame v TAB. 8.10. Táto analýza nám umožňuje určiť dekádu s najvyšším počtom minimálnych mesačných prietokov v sledovanom období.

Pre vodomerné stanice s kratším obdobím vyhodnocovania prietokov (ktoré v TAB. 8.10 neuvádzame) sa výskyt mesačných minimálnych prietokov viaže na posledné desaťročie minulého storočia a na roky 2002,2003 a 2007.

Iná je situácia vo vodomerných staniciach, ktoré začali vyhodnocovať prietoky v roku 1931 a skôr. V týchto vodomerných staniciach už jasne prevláda výskyt miním v desaťročí 1941-1950.

Ak by sme brali do úvahy len obdobie 1961-2000, teda nové platné referenčné obdobie, tak výrazne prevláda výskyt miním v desaťročí 1991-2000, o niečo menšiu frekvenciu mal výskyt miním v desaťročí 1961-1970. Aby sa desaťročie 2001-2010 „zaradilo na ich úroveň“, museli by byť v ďalších troch rokoch aspoň ešte dva také suché roky, ako bol rok 2003.

Z pohľadu výskytu miním v jednotlivých desaťročiach by mohli byť zaujímavé aj roky 1921-1930. Z tohto obdobia však máme k dispozícii údaje len z 5 vodomerných staníc, preto nie je možné urobiť závery s platnosťou pre celé územie Slovenska. Avšak pre týchto 5 vodomerných staníc najvýznamnejšie minimá sa vyskytli v dekáde 1921-1930, a až po nej ako dve rovnocenné z hľadiska výskytu minimálnych mesačných prietokov sú dekády 1941-1950 a 1991-2000.

Ak by sme do hodnotenia priradili aj vodomerné stanice s výrazne ovplyvneným hydrologickým režimom, tak na tých, ktoré sú pod vodnými nádržami (napr. Ondava - Horovce) by sa výskyt miním v jednotlivých desaťročiach postupne znižoval (podobne, ako je to pri hodnotení trendov), naopak vo vodomerných staniciach, nad ktorými sú výrazné odbery podzemných vôd (Bebrava, Čierny Váh) by sa výskyt miním presúval do súčasnosti. Z uvedeného rozboru vyplýva, že nie je možné posledných 20 rokov označiť za výnimočné z hľadiska minimálnych mesačných prietokov, a to aj napriek pozorovaným zvýšeným teplotám vzduchu a regionálne zníženým zrážkovým úhrnom.

TAB. 7.7.10 Výskyt miním v jednotlivých desaťročiach v staniciach NKP

Tok	Stanica	1901-1910	1911-1920	1921-1930	1931-1940	1941-1950	1951-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-
Morava	Moravský	x	x	4	5	1	0	0	1	1	0	0

	Ján											
Dunaj	Bratislava	3	0	0	1	4	0	0	1	0	1	2
Biely Váh	Východná	x	x	0	1	0	0	0	0	2	8	1
Boca	Kráľová Lehota	x	x	x	0	0	2	4	1		4	1
Belá	Podbanské	x	x	4	3	2	0	1	0	1	1	0
Váh	Liptovský Mikuláš	x	x	6	0	4	1	0	0	0	1	
Revúca	Podsúchá	x	x	x	0	0	0	0	6	3	3	0
Ľubochňanka	Ľubochňa	x	x	x	0	0	1	6	3	1	1	0
Turiec	Martin	x	x	x	0	3	2	0	1	2	4	0
Kysuca	Čadca	x	x	x	1	2	3	3	0	0	2	1
Kysuca	Kysucké Nové Mesto	x	x	x	4	6	2	0	0	0	0	0
Rajčianka	Poluvsie	x	x	x	4	1	1	0	0	1	3	2
Handlovka	Handlová	x	x	x	0	11	0	0	0	0	1	0
Hron	Zlatno	x	x	x	2	0	0	5	1	0	3	1
Hron	Brezno	x	x	x	1	6	0	4	0	0	1	0
Čierny Hron	Hronec	x	x	x	3	2	0	0	0	5	0	2
Bystrica	Bystrá	x	x	x	0	0	0	1	2	5	3	1
Štiavica	Mýto pod Ďumbierom	x	x	x	0	0	1	2	2	2	3	1
Vajskovský	Dolná Lehota	x	x	x	1	2	0	0	1	4	2	2

Hron	Banská Bystrica	x	x	x	1	4	3	0	0	0	2	2
Hron	Brehy	x	x	x	2	2	2	0	1	1	1	3
Krivánsky	Lučenec	x	x	x	2	7	2	1	0	0	0	0
Ipeľ	Holiša	x	x	x	0	12	0	0	0	0	0	0
Krupinica	Plášťovce	x	x	x	0	2	0	1	7	0	2	0
Litava	Plášťovce	x	x	x	0	3	2	2	0	2	3	0
Dobšinský	Dobšiná	x	x	x	0	1	0	0	1	4	6	0
Štítnik	Štítnik	x	x	x	0	3	2	4	0	1	2	0
Rimavica	Lehota nad Rimavicou	x	x	x	0	3	2	4	0	1	2	0
Torysa	Košické Olšany	x	x	x	0	4	0	7	1	0	0	0

X prietok sa nevyhodnocoval

X hodnotenie z TAB. 7.1.1.

7.7.2. Vývoj charakteristík malej vodnosti

Spracovanie pre celé územie Slovenska je v GRAFICKÝCH PRÍLOHÁCH. Ukážka z GRAFICKÝCH PRÍLOH je v Prílohe 44, Prílohe 45, Prílohe 46, Prílohe 47 a Prílohe 48.

Morava

Pre prietokové rady Moravy v Moravskom Jáne a vybrané vodomerné stanice v slovenskej časti povodia Moravy boli spracované trendy **minimálnych ročných a minimálnych mesačných prietokov, ako aj trendy vybraných kvantilov M–denných prietokov**. Ukážky grafov sú uvedené v: Grafická príloha 8.3.1. Morava a Grafická príloha 8.3.2. Morava. Priebeh minimálnych ročných prietokov na Morave vykazuje vyrovnaný trend. Rovnako je to pri priebehu minimálnych mesačných prietokov. Nízke kvantily M – denných prietokov (Q_{10} a Q_{30}) majú mierne klesajúci trend, kvantily M denných prietokov, reprezentujúce malú vodnosť. V každom prípade vývoj minimálnych prietokov na Morave, resp. v jej dolnej časti možno považovať za priaznivý. Opačná situácia je na prítokoch Moravy, kde okrem Borinky na všetkých ostatných prítokoch je tak trend minimálnych ročných prietokov a minimálnych mesačných prietokov, tak aj trend vybraných charakteristík M–denných prietokov klesajúci, resp. výrazne klesajúci. Slovenská časť povodia Moravy sa zaraďuje do oblasti najviac zraniteľnej z hľadiska hydrologického sucha.

Dunaj

V grafických prílohách sú uvedené ukážky priebehu a trendov minimálnych ročných a minimálnych mesačných prietokov, ako aj vybraných kvantilov M–denných prietokov. Pri trendoch priemerných mesačných prietokov na Dunaji v Bratislave sa preukazuje stabilita hydrologického režimu európskeho veľtoku. Trend minimálnych ročných prietokov má signifikantnú stúpajúcu tendenciu. Priebehy minimálnych mesačných prietokov majú mierne klesajúcu tendenciu v mesiacoch júl až september, v ostatných mesiacoch je vývoj vyrovnaný, resp. stúpajúci. Priaznivú situáciu vo vývoji minimálnych prietokov na Dunaji potvrdzujú aj priebehy vybraných kvantilov M–denných prietokov za jednotlivé roky. Q_{10} , Q_{30} , Q_{90} , Q_{180} , a Q_{270} majú vyrovnaný priebeh, pri Q_{330} , Q_{355} a Q_{364} sa postupne zvyšuje miera stúpajúceho trendu.

Diametrálne odlišná je situácia vo vodomernej stanici Vydrica – Spariská. Pri ročných minimálnych prietokoch je evidentný výrazný pokles. Pri mesačných minimálnych prietokoch je mierny stúpajúci trend v novembri, bez zmeny vo februári a októbri. V ostatných mesiacoch roka je trend minimálnych prietokov klesajúci, pričom v mesiacoch vegetačného obdobia je klesajúca zložka výrazná. Neuvažujúc samotný Dunaj, povodie Dunaja sa zaraďuje medzi povodia najviac zraniteľné, čo do vývoja sucha.

Váh a Nitra

Pre vybrané prietokové rady vodomerných staníc v povodí Váhu boli spracované trendy mesačných a ročných prietokov, trendy minimálnych mesačných a ročných prietokov a vybraných kvantilov M–denných prietokov. Ukážky spracovania sú v grafických prílohách

V povodí horného Váhu po Liptovský Mikuláš sú klesajúce trendy minimálnych ročných prietokov predovšetkým na Čiernom Váhu a Ipoltici, kde však ide na vrub predovšetkým vplyvom odberov podzemných vôd a prevodov vody. Na Hybici a ešte výraznejšie na Belej trend minimálnych prietokov je stúpajúci. V Liptovskom Mikuláši je vývoj minimálnych prietokov vyrovnaný. V povodí Váhu od Liptovského Mikuláša po Oravu významné ľavostranné prítoky (Ľupčianka, Revúca a Ľubochnianka) majú vyrovnaný trend minimálnych prietokov, pravostranné prítoky uvedeného medzipovodia majú mierny pokles minimálnych prietokov. Pomerne priaznivá situácia vývoja minimálnych prietokov je v povodí Oravy, predovšetkým na prítokoch do Oravskej nádrže. V dolnej časti povodia je na Oravici mierny a na Zázrivke už pomerne výrazný pokles minimálnych prietokov. V povodí Turca je v prevažnej miere vyrovnaný trend minimálnych prietokov, čo platí aj pre záverový profil v Martine. Na Varínke je v troch letných mesiacoch vyrovnaný priebeh a v ostatnej časti roka stúpajúci ba dokonca aj výrazne stúpajúci trend minimálnych prietokov. Ani povodie Kysuce nepatrí medzi povodia s nepriaznivým vývojom minim, kde v hornej časti povodia je vyrovnaný priebeh a v dolnej časti, aj vplyvom nádrže Nová Bystrica je trend stúpajúci. V povodí Rajčianky je trend buď vyrovnaný (Poluvsie), alebo vplyvom exploatácie vodných zdrojov mierne klesajúci trend. Pomerne premenlivá situácia vo vývoji minimálnych prietokov je na prítokoch Váhu pod Kysucou a Rajčiankou. Na Pružinke a Domanižanke, tokoch, ktorých prirodzený hydrologický režim predstavuje po Dunaji najvyššiu mieru vyrovnanosti, vplyvom zachytenia podzemných vôd v horných častiach týchto povodí je trend vývoja minimálnych ročných a mesačných prietokov výrazne poklesový. Podobne je tomu tak aj na Tepličke (Trenčianske Teplice). Prirodzený pokles minimálnych prietokov je na Petrinovci, Bielej vode a Vlára, na Jablonke v Čachticiach je trend stúpajúci.

V hornej časti povodia Nitry je prirodzený pokles minimálnych mesačných a ročných prietokov. Na Handlovke je vo všetkých mesiacoch roka vyrovnaný priebeh, na Nitrici mierne stúpajúci. Na Bebrave, predovšetkým dôsledkom zachytenia prameňov v hornej časti povodia, je výrazne klesajúci trend. Na pravostranných prítokoch Nitry v dolnej časti povodia - Chocine a Radošinke je prakticky vo všetkých mesiacoch klesajúci trend. Na Nitre v Nitrianskej Strede je priebeh minimálnych prietokov vyrovnaný aj vplyvom nádrže Nitrianske Rudno a návratu odobratej vody z povodia Bebravy.

Na prítokoch Malého Dunaja a Čiernej vody z Malých Karpát je trend vývoja minimálnych prietokov klesajúci, resp. výrazne klesajúci.

Hron

V grafických prílohách sú uvedené ukážky priebehu a trendov minimálnych mesačných prietokov, ako aj vybraných kvantilov M–denných prietokov. Trend minimálnych ročných prietokov na Hrone v Zlatne, Banskej Bystrici aj Brehoch má klesajúcu tendenciu, v Brezne je trend vzostupný.

Minimálne mesačné prietoky v Zlatne vo väčšine mesiacov majú poklesový trend, v apríli je vzostup a máj nevykazuje výraznejší trend. V Brezne je v októbri až marci pokles, apríli, júni až auguste a októbri vzostup a bez trendu je máj a september. V Banskej Bystrici majú priebehy minimálnych mesačných prietokov vo všetkých mesiacoch pokles s výnimkou apríla, v ktorom je vzostup. V Brehoch tiež vo väčšine mesiacov prevláda pokles, ktorý je veľmi mierny vo februári a októbri, apríl je bez výraznejšieho trendu. Priebehy vybraných kvantilov M–denných prietokov Q_{10d} , Q_{30d} , Q_{90d} , Q_{180d} , Q_{270d} , Q_{330d} , Q_{355d} a Q_{364d} za jednotlivé roky majú na Hrone v Zlatne, Banskej Bystrici a Brehoch klesajúci trend. V Brezne je trend Q_{M10} , Q_{30d} , Q_{90d} , Q_{180d} , Q_{270d} tiež klesajúci, Q_{355d} a Q_{364d} stúpa.

Trend minimálnych ročných prietokov na všetkých hodnotených prítokoch z Nízkych Tatier je klesajúci. Spôsobené to môže byť hlavne poklesom snehových zásob v jednotlivých rokoch a nárastom teploty v kombinácii s južnou stranou. Na Čiernom Hrone v Hronci, ktoré nie je južne exponované nie je výraznejší trend.

Pokles minimálnych mesačných prietokov na Čiernom Hrone v Hronci prevláda, okrem vzostupu v apríli až júni. Bez zmeny sú mesiace júl, august a október. Na prítokoch z Nízkych Tatier Bystrianke, Štiavničke a Vajskovskom potoku minimálne mesačné prietoky klesajú, ale na Štiavničke stúpajú v apríli a na Vajskovskom potoku stúpajú v apríli aj v máji. Priebehy vybraných kvantilov M–denných prietokov Q_{10d} , Q_{30d} , Q_{90d} , Q_{180d} , Q_{270d} , Q_{330d} , Q_{355d} a Q_{364d} za jednotlivé roky majú klesajúci trend na Čiernom Hrone v Hronci a Vajskovskom potoku v Dolnej Lehote. Na Bystrianke v Bystrej a Štiavničke v Mýte pod Ďumbierom Q_{10d} a Q_{30d} stúpa, Q_{90d} , Q_{180d} , Q_{270d} , Q_{330d} , Q_{355d} a Q_{364d} klesajú.

Ipeľ

V grafických prílohách sú uvedené ukážky priebehu a trendov minimálnych ročných a minimálnych mesačných prietokov, ako aj vybraných kvantilov M–denných prietokov. Trend minimálnych ročných prietokov v Holiši má mierne stúpajúcu tendenciu, čo môže byť spôsobené ovplyvnením VN Málinec. Priebehy minimálnych mesačných prietokov majú v mesiacoch november až január, marec, apríl a september klesajúcu

tendenciu, ostatné mesiace sú bez výraznejšieho trendu. Priebehy vybraných kvantilov M–denných prietokov Q_{10d} , Q_{30d} , Q_{90d} , Q_{180d} , Q_{270d} za jednotlivé roky majú klesajúci a Q_{330d} , Q_{355d} , Q_{364d} majú stúpajúci trend.

Na Krupinici a Litave je pokles minimálnych ročných prietokov, na Krivánskom potoku vzostup (vplyv vodných diel Mýtina – Ružiná). Mesačné minimálne prietoky na Krupinici a Litave vo väčšine mesiacov majú klesajúci trend mesačných minimálnych prietokov. Mierny vzostup je na Litave v októbri, bez trendu je október na Krupinici a február na Litave. Na Krivánskom potoku je pokles v novembri až apríli, mierny vzostup je v máji a júni a výraznejší vzostup v júli až októbri. Priebehy vybraných kvantilov M–denných prietokov Q_{10d} , Q_{30d} , Q_{90d} , Q_{180d} , Q_{270d} , Q_{330d} , Q_{355d} a Q_{364d} za jednotlivé roky majú klesajúci trend na Krupinici a Litave. Na Krivánskom potoku je klesajúci trend Q_{10d} , Q_{30d} , Q_{90d} , Q_{180d} , priebeh Q_{270d} , Q_{330d} , Q_{355d} a Q_{364d} je vzostupný.

Povodie Ipľa sa zaraďuje medzi najviac zraniteľné povodia na Slovensku, čo do vývoja sucha. Povodie patrí do oblasti, v ktorom dochádza k výraznému poklesu vodnosti.

Slaná

V grafických prílohách sú uvedené ukážky priebehu a trendov minimálnych ročných a minimálnych mesačných prietokov, ako aj vybraných kvantilov M–denných prietokov. Trend minimálnych ročných prietokov v Lenártovciach má klesajúcu tendenciu. Priebehy minimálnych mesačných prietokov majú v mesiacoch november až marec, jún až október klesajúcu tendenciu, v apríli a máji je veľmi malý vzostup. Priebehy vybraných kvantilov M–denných prietokov Q_{10d} , Q_{30d} , Q_{90d} , Q_{180d} , Q_{270d} , Q_{330d} , Q_{355d} a Q_{364d} za jednotlivé roky majú klesajúci trend.

Obdobne aj na Dobšinskom potoku, Štítniku, Rimavici aj Blhu je pokles minimálnych ročných prietokov. Vo všetkých mesiacoch je klesajúci trend mesačných minimálnych prietokov na Dobšinskom potoku, Štítniku a Rimavici, s výnimkou vzostupu v apríli a máji na Rimavici. Na Blhu, ktorý je od roku 1981 ovplyvňovaný VN Teplý Vrch je klesajúci trend, okrem mesiacov so stúpajúcim trendom - apríl až jún a október.

Priebehy vybraných kvantilov M–denných prietokov Q_{10d} , Q_{30d} , Q_{90d} , Q_{180d} , Q_{270d} , Q_{330d} , Q_{355d} a Q_{364d} za jednotlivé roky majú klesajúci trend na Dobšinskom potoku, Štítniku aj Rimavici. Na Blhu tiež prevažuje klesajúci trend, okrem Q_{10d} , Q_{330d} a Q_{355d} , ktorých priebeh je vyrovnaný.

Povodie Slanej sa zaraďuje medzi najviac zraniteľné povodia na Slovensku, čo do vývoja sucha. Povodie patrí do oblasti, v ktorom dochádza k výraznému poklesu vodnosti.

Bodrog

Povodie Bodrogu ako celok sa zaraďuje medzi málo zraniteľné územia čo do vývoja minimálnych mesačných a ročných prietokov. Prevládajúci stúpajúci, resp. zotrvalý trend je v povodí Cirochy, na Latorici, Uhu a Olke. Rovnaký vývoj minimálnych mesačných a ročných prietokov je na tokoch pod vodnými nádržami. V hornej časti povodia Laborca, Uličke, Ubli, Okne v povodí Tople a Ladamírke prevláda klesajúci trend minimálnych mesačných a ročných prietokov.

Pri hodnotení kvantilov M-denných prietokov prevláda vyrovnaný, resp. stúpajúci trend, čo sa týka aj Q_{355} a Q_{364} . Klesajúci trend M-denných prietokov je na Uličke, Okne, v povodí Tople a v hornej časti povodia Ondavy.

Hornád

V povodí Hornádu prevláda klesajúci, resp. zotrvalý trend vývoja minimálnych mesačných a ročných prietokov. Stúpajúci trend je v hornej časti povodia Hornádu a na Olšave v Bohdanovciach. Napriek pomerne výraznej exploatacii vodných zdrojov v hornej časti povodia Toryse je zotrvalý trend v Košických Olšanoch. Aj v hodnotení trendov vybraných kvantilov M-denných prietokov prevláda klesajúci trend

Bodva

V povodí Bodvy, tak na samotnom toku, ako aj na Ide a Turni ročné minimálne prietoky majú klesajúcu tendenciu. Rovnaká situácia je v celom povodí vo všetkých mesiacoch roka. Na rozdiel od ostatných čiastkových povodí, v povodí Bodvy aj všetky kvantily M-denných prietokov majú klesajúci trend. Povodie Bodvy zaraďujeme medzi povodia s najviac zraniteľným vývojom minimálnych prietokov.

Poprad

Pre vodomerné stanice povodia Popradu, ktoré vyhodnocujú prietok aspoň 30 rokov boli spracované trendy minimálnych ročných prietokov, minimálnych mesačných prietokov a vybraných kvantilov M-denných prietokov. Na samotnom Poprade a na Javorinke v povodí Dunajca je trend minimálnych prietokov buď vyrovnaný, alebo s miernym poklesom. Na všetkých ostatných tokoch v povodí Popradu je stúpajúci trend minimálnych ročných prietokov a prevláda stúpajúci trend pri minimálnych mesačných prietokov. Podobná situácia je aj pri kvantiloch M-denných prietokoch. V grafických prílohách sú uvedené ukážky vývoja pre vodomernú stanicu Poprad – Matejovce, kde prevláda skôr klesajúci trend. Nič to však nemení na skutočnosti, že povodie Popradu a Dunajca sa zaraďuje medzi najmenej zraniteľné územia z hľadiska vývoja minimálnych prietokov.

7.7.3. $Q_{\min 99\%}$

Čiary nedostúpenia priemerných mesačných prietokov boli spracované pre 227 vodomerných staníc s neovplyvneným režimom odtoku. Tieto čiary netvorí prílohu práce pre už aj tak veľký rozsah príloh, sú k dispozícii u riešiteľov úlohy na SHMÚ Bratislava a na regionálnych strediskách SHMÚ v Banskej Bystrici a v Košiciach. Číselné hodnoty $Q_{\min 99\%}$ sú vytlačené v tabelárnej prílohe Správy Priemerné mesačné prietoky 99 % zabezpečenosťou v jednotlivých mesiacoch a najmenšia hodnota $Q_{\min 99\%}$ je aj v tabelárnej prílohe správy pre porovnanie s hydrologickými charakteristikami, odvodených s $Q_{\min 7\text{dní}}$.

V povodí Popradu najmenšie mesačné prietoky s 99 % zabezpečenosťou sa vyskytujú výlučne v zimných mesiacoch, v povodí Moravy je to naopak v mesiacoch august a september. Na Dunaji sa najmenší $Q_{\min 99\%}$ vyskytuje v novembri. Vo výškovo veľmi rozmanitom povodí Váhu sa zo 61 vodomerných staníc najmenší $Q_{\min 99\%}$ vyskytuje v 27 staniaciach v zimnom období a v 34 staniaciach v období letno-jesennom. V povodiach Nitry a Malého Dunaja nie je ani jeden výskyt v zimnom období. V povodí Hrona prevláda výskyt najmenších $Q_{\min 99\%}$ v auguste až októbri.

Minimálny prietok $Q_{7\text{dní}100\text{rokov}}$ tiež ($7Q_{100}$) bol spracovaný aj pre 227 vodomerných staníc, pričom ako u grafických príloh priemerných mesačných prietokov ani čiary nedostúpenia 7 dňových minimálnych prietokov neboli tlačené a sú k dispozícii u riešiteľov úlohy.

V tabelárnej prílohe správy Vybrané charakteristiky minimálnych prietokov sú uvedené hodnoty $Q_{7\text{dní}}$ priemerný, $Q_{7\text{dní}}$ minimálny a $Q_{7\text{dní}100\text{rokov}}$ a $Q_{\min 99\%}$

Hodnoty $Q_{7\text{dní}}$ priemerný, v porovnaní s ďalšími hydrologickými charakteristikami sa pohybujú v rozmedzí $Q_{330\text{d}}$ až $Q_{355\text{d}}$. Táto je stabilná, pomerne ľahko odvoditeľná aj pre vodomerné stanice s kratšími radmi a tiež pri prípadnom rozpracovaní do profilov mimo vodomerných staníc. Prichádza do úvahy ako hodnota, ktorá je vhodná pre prípadnú hodnotu hydroekologického limitu.

Hodnota $Q_{7\text{dní}}$ minimálny je vo viacerých vodomerných staniaciach menšia, ako teoretická hodnota $Q_{7\text{dní}100\text{rokov}}$, čo je dané vlastnosťami empirickej čiary. V hydrologickej praxi pri extrapolácii či už maximálnych ale aj minimálnych prietokov pri dlhých radoch takáto skutočnosť nie je neobvyklá, pri radoch kratších (napr. 40 a menej rokov) je potrebné takýmto prípadom venovať pozornosť.

V niektorých vodomerných staniaciach s malými plochami v povodiach zraniteľných oblastí nie sú ojedinelé nulové hodnoty prietokov. V porovnaní s inými hydrologickými charakteristikami minimálnych prietokov sú väčšie jedine od $Q_{100\text{min}}$ a neprichádzajú do úvahy vo väčšine povodí ako prípadný návrh pre hydroekologický limit.

8. HYDROEKOLOGICKÉ LIMITY (hydroekologické prietoky, minimálny zostatkový prietok, environmental flow)¹⁰

Otázka kvantity je neoddeliteľnou súčasťou zabezpečenia dobrého stavu povrchových vôd.

V tečúcich vodách je jedným z podstatných ukazovateľov dobrého stavu veľkosť vodného priestoru, ktorý má biotické spoločenstvo k dispozícii ku svojmu životu. Tento priestor úzko súvisí s prietokom, s morfológiou koryta, hĺbkami vody, šírkou koryta, rýchlosťou prúdenia vody. Aj keď tento aspekt kvality aquatického ekosystému je veľmi markantný v legislatíve je veľmi ťažko jednoznačne definovateľný. Určiť limitný priestor – v konečnom dôsledku prietok je stret záujmov ekologických a vodohospodárskych. Minimálny zostatkový prietok (MZP), ako je v našej najnovšej legislatíve pomenovaný je limitom pre dobrý stav vôd a tiež limitom pre vodohospodárske využitie vôd.

V legislatíve našej aj európskej sú veľmi dobre ošetrené limity pre chemické ukazovatele kvality, fyzikálne ukazovatele kvality aj biologické ukazovatele kvality pre dodržanie dobrého stavu povrchových vôd. Špecifický problém minimálneho zostatkového prietoku sa však prehadzuje ako horúci zemiak.

Podľa Alberta Einsteina : *“Náš svet je veľmi chudobný na princípy, ale veľmi bohatý na štruktúry”*, táto analógia sa veľmi dobre hodí na náš problém. Tento problém môžeme započítať do enviromentálnych dlhov našej spoločnosti.

Minimálny zostatkový prietok je veľmi významný parameter pre manažment v povodiach a má rozdielne hodnoty podľa účelu na ktorý slúži.

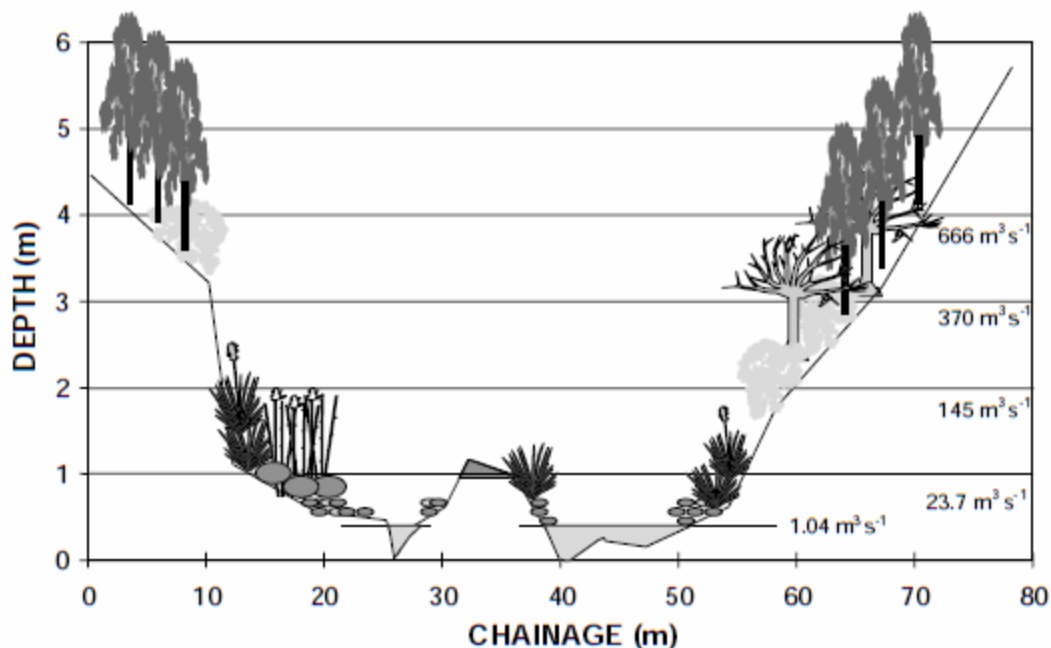
- 1) prietok, pod vodnými dielami
- 2) limitná hodnota pre odbery vody z povrchových tokov,
- 3) limitná hodnota pre riedenie odpadovej vody,
- 4) hodnota prietoku, ktorá ešte dokáže zabezpečiť všeobecné užívanie vody a dobrý stav vody v povrchových tokoch,

¹⁰ V tejto správe ich budeme považovať za ekvivalentné pojmy

5) v čase sucha pri prirodzenom poklese pod túto hodnotu je to hranica po podkročení ktorej sa realizuje postupnosť opatrení na zamedzenie, alebo zmiernenie následkov sucha,

Na určenie hraničnej hodnoty sa kladú požiadavky:

- 1) hydrologické – sú určené prirodzenými možnosťami vodného zdroja,
- 2) ekologické – sú určené zachovaním dobrého ekologického stavu v povrchových tokoch,
- 3) vodohospodárske – sú určené požiadavkami spoločnosti na zdroj vody
- 4) ekonomické – sú určené ekonomickými limitmi



7

OBR. 8.1. Priečný profil rieky a minimálny zostatkový prietok, ktorý plní funkciu environmentálneho prietoku

8.1. Metódy pre stanovenie minimálnych zostatkových prietokov.

Minimálny zostatkový prietok (hydroekologický prietok) – metodika určenia na Slovensku

Úlohu minimálneho zostatkového prietoku v súčasnosti na Slovensku ešte stále plní už nie celkom vyhovujúci minimálny bilančný prietok – MQ. Minimálny bilančný prietok je taký (resp. mal by byť taký), ktorý zabezpečí ochranu životného prostredia, zabezpečí zachovanie podmienok pre biologickú rovnováhu toku a jeho najbližšieho okolia a zabezpečí všeobecné užívanie vody, také ktoré nevyžaduje povolenie

vodohospodárskych orgánov. Táto hodnota sa spája s dokumentom Kvantitatívnej vodohospodárskej bilancie povrchových vôd uplynulého roka, univerzálna hodnota vo vodnom hospodárstve na Slovensku pre minimálny zostatkový prietok však nie je. Minimálny bilančný prietok je taký (resp. mal by byť taký), ktorý zabezpečí ochranu životného prostredia, zabezpečí zachovanie podmienok pre biologickú rovnováhu toku a jeho najbližšieho okolia a zabezpečí všeobecné užívanie vody, také ktoré nevyžaduje povolenie vodohospodárskych orgánov. Z titulu tejto definície sa minimálnemu bilančný prietok považuje za minimálny zostatkový prietok a bilančnému prietoku sa pripisuje všeobecná platnosť. Pre jednotlivé bilančné profily hodnoty MQ sú stanovené podľa postupu schváleného MŽP SR.

Kvantifikovanie MQ malo v našom vodnom hospodárstve svoj vývoj a jej určenie je odrazom doby v ktorej vzniklo. Priorita ekologických, ekonomických a vodohospodárskych kritérií má svoj historický rozmer. V prvom vydaní Štátneho vodohospodárskeho plánu túto funkciu plnili prietoky Q_{355} . Podstatnejšia zmena výpočtu tejto hranice nastala v roku 1975 pri 2. Vydaní Smerného vodohospodárskeho plánu SSR.

Zásady pre stanovenie hranice užívania vody – minimálneho bilančného prietoku MQ v súčasnosti určuje citovaná smernica MLVH z roku 1980. Pri určení konkrétnych hodnôt minimálnych bilančných prietokov sa vychádza z týchto zásad:

- 1) V priehradných profiloch $MQ = Q_{355}$, pokiaľ nie je manipulačným poriadkom, alebo z iných dôvodov výnimočne určené inak.
- 2) V ďalšom úseku toku je MQ premenlivý, nadlepšenie prietoku nádržou sa plynulo redukuje až k miestu, kde je vplyv nádrže nezistiteľný.
- 3) Na ostatných úsekoch tokov sa MQ určí ako polovica súčtu $Q_{\min.mes}$ a $Q_{100 \min.d.}$, najmenej však polovica Q_{364} , kde $Q_{\min.mes}$ je hodnota prevzatá z pravdepodobnostného poľa priemerných mesačných prietokov pre vysoký stupeň zabezpečenia. $Q_{100 \min.d.}$ je minimálny priemerný denný prietok s výskytom jedenkrát za 100 rokov, určený štatistickou metódou.
- 4) Hodnoty MQ určené podľa hydrologických charakteristík sa upravujú v tých úsekoch tokov, v ktorých kvalita vody je na úrovni IV. triedy, a to tak že sa ich hodnota zvýši na Q_{355} .
- 5) Pri stanovení hodnôt v hraničných profiloch a hraničných úsekoch tokov sa vychádza predovšetkým z výsledkov medzištátnych rokovanií, pokiaľ je v týchto dohodách MQ výslovne určený.
- 6) Individuálne sa MQ určuje v úsekoch tokov pod odberným zariadením do derivačných kanálov a v prípadoch keď tok na relatívne krátkom úseku zaúštuje do toku vyššieho rádu.

7) Ekologický prietok v našej legislatíve sa teda nachádza medzi Q_{355} a $1/2Q_{364}$. Výnimkou sú krátke úseky tokov, ktoré zaúsťujú do tokov vyššieho rádu. Na hraničných úsekoch sú hodnoty určené podľa medzištátnych dohôd.

Jedným z alternatívnych metód testovaných takýchto hodnotení je aj hodnotenie pomocou „indexu nedostatku vody“. Stanovenie indikátora využívania povrchových vôd, tzv. indexu nedostatku vody je založené na stanovení jeho hodnoty, ako podielu užívania vôd a disponibilných vodných zdrojov.

$$R_{ws} = W/Q$$

Na Slovensku sa hodnotením pomocou indexu nedostatku vody na ročných údajoch zaoberala dlhoročná spracovateľka a riešiteľka Vodohospodárskej bilancie na Slovensku Ing. Jana Poorová, PhD, ktorá vo svojej práci testovala index sucha v ročnom kroku. V rámci tejto analýzy bola táto metodika na národnej úrovni testovaná aj v mesačnom kroku, v povodí Slanej, nasledovným spôsobom: disponibilné vodné zdroje boli reprezentované konkrétnou hydrologickou situáciou v jednotlivých mesiacoch hodnoteného roka a užívanie vody boli reprezentované zrealizovanými odbermi v jednotlivých mesiacoch v hodnotenom roku zväčšenými o minimálny bilančný prietok. Určením indexu s uplatnením konkrétnych zrealizovaných odberov získame výsledky, ktoré kritickejšie zhodnotia disponibilnosť vodných zdrojov v roku, nakoľko toto hodnotenie eliminuje nejednoznačnosť zaradenia vplyvu vypúšťania vody v rámci VHB hodnotenia.

V ďalšom v tejto kapitole je prehľad metód v okolitých krajinách do roku 2002, ktoré vypracovali pre účely úlohy SHMÚ *Szolgay, J., Macura, V., a kol., (2002)*. Keďže ide o pomerne konkrétne, detailné popísanie prístupov, predkladáme ich takmer v pôvodnej verzii – pri budúcich postupoch u nás môžu byť užitočné, hoci vývoj v problematike e - flow značne pokročil. Prehľad ukazuje aj rôznorodosť prístupov v rámci jednej krajiny na rozdiel od Slovenska, kde princípy pre určenie e – flow je možné zhrnúť do niekoľkých bodov. V tejto kapitole uvádzame metódy v alpských krajinách, ktoré majú podobné prírodné podmienky ako Slovensko a z tohto pohľadu sú pre nás zaujímavé. Ide o prehľad do roku 2002. Prezentujú veľmi širokú škálu metód a tým aj poukazujú na podstatu MZP (EF).

1. Založené na hydrologických charakteristikách:

V Rakúsku metóda $10\%Q$, metóda Lansera, Jägera, Steinbacha, Zimmermanna a Planka, NN metóda podkročenia, metóda NNQm/rj, vo Švajčiarsku metóda hraničnej hodnoty ohrozenia, metóda Mattheyova, linearizovaná metóda Mattheyova, metóda Buettikera, regionálna metóda podľa povodí, metóda Korutanského limnologického ústavu, metóda rozlišovania medzi

rybnosnými a nerybnosnými tokmi, Bundiho metóda, v Nemecku Badenská a Hessenská metóda, v USA metóda Montana, metóda čiar prekročenia IOWA.

2. Zložené na hydraulických charakteristikách:

Mikschova (Rakúsko), metóda minimálnej hĺbky (Nemecko), metóda Sawalla a Simona, Satznerova metóda (USA), metóda Oregon, metóda štandardného prietoku.

3. Založené na kombinácii hydrologických a morfológických charakteristík:

Hessenská metóda - odporúčanie pracovnej skupiny Využívanie vodnej energie v Badensku a Wittenbergu (Nemecko) Blanschkeho metóda (Rakúsko)

4. Metódy založené na rozhodovaní so zohľadnením ekologických parametrov. Tieto metódy pre stanovenie MZP sú v súčasnosti považované za najobjektívnejšie a patria k nim napríklad nasledujúce metódy:

MODM (Rakúsko), metóda váženého záujmu (Švajčiarsko), zriedčovací metóda (Švajčiarsko), metóda parametrov prúdenia (Rakúsko), metóda Schälchliho (Švajčiarsko), metóda IFIM (USA), ktorá sa stala štandardnou metódou aj v Európe a bola použitá aj na Slovensku.

V ďalšom rozoberieme podrobnejšie niektoré už uvedené, ale aj iné metódy pre stanovovanie MZP v nemeckej hovoriacej časti alpskej oblasti, vo Veľkej Británii a USA, a problematiku stanovovania HEL na Slovensku.

8.2. Prehľad metód určovania EF – MZP v nemecky hovoriacej časti alpskej oblasti (citované zo *Szolgay, J., Macura, V., a kol., (2002)*). 11

V tejto časti sa podrobnejšie zameriavame na prehľad metód určovania MZP v nemecky hovoriacich krajinách. Nadväzujeme tu na prehľad uvedený v *Szolgay (1995)*.

Pri analýze problematiky určovania MZP musíme vychádzať z povahy tohto pojmu. Patrí medzi limity podmieňujúce hospodárenie s vodou, menovite predstavuje nárok na vodný zdroj, ktorý musí byť pri úvahách o jeho využívaní prednostne uplatňovaný a garantovaný. Názory na jeho definíciu a kvantifikáciu sa vyvíjali tak u nás, ako aj v iných krajinách najmä v súvislosti s rastom intenzity využívania vodných zdrojov územia, s potrebou ich ochrany, so zmenou ekonomických a ekologických priorít.

¹¹ Vypracované pre SHMÚ pre účely tejto úlohy

V nasledujúcom texte uvádzame stručný prehľad metód určovania tohto limitu s dôrazom na prax v alpských krajinách. Vychádzame z toho, že mnohé aspekty platné v týchto krajinách by s ohľadom na prevládajúci horský charakter krajiny a intenzívne využívanie vodných zdrojov mohli byť uplatnené aj u nás. Najprv sa pozrieme na príklady, ako sa problematika riešila doteraz a aké pokusy vznikajú v súčasnosti ako reakcia na nové legislatívne postupy a zmeny. Ich priority popíšeme na záver prehľadu. V kapitole budeme stručne opisovať rôzne metódy na určovanie zaručených minimálnych prietokov. Nepôjde nám o podanie presných algoritmov výpočtu, ale uvedenie princípov metód a ich parametrov.

8.2.1. Vzťahy pre určovanie minimálnych zaručených prietokov založené na hydrologických charakteristikách (citované z OEWWV (1990) a z Mader (1992) a doplnené)

8.2.1.1. METÓDA 10 % Q (RAKÚSKO)

Ako zaručený minimálny prietok sa určí prietok zodpovedajúci 10 % prirodzeného prietoku využívaného toku nad odberom alebo prehradením, prípadne analógiou s iným porovnateľným tokom.

8.2.1.2. METÓDA LANSERA (RAKÚSKO):

Ako najmenší zaručený minimálny prietok navrhuje určiť asi 5 až 10 % dlhodobého priemerného ročného prietoku.

8.2.1.3. METÓDA JÄGERA (RAKÚSKO):

Podľa Jägera (1985) je pre rybné hospodárstvo potrebné zachovať v každom ročnom období minimálne 15 percent priemerného prietoku daného obdobia. Ako smerné hodnoty sa môžu použiť priemerný prietok minimálnych prietokov súvislého časového radu a najnižší minimálny prietok.

8.2.1.4. METÓDA STEINBACHA (RAKÚSKO):

Zaručený minimálny prietok musí zodpovedať aspoň priemernému minimálnemu prietoku (prípadne zimnému alebo letnému sezónnemu minimálnemu prietoku) určenému z dlhšieho radu pozorovaní. Túto hodnotu používa zemska vláda Horného Rakúska ,ako prvú orientačnú hodnotu pri určovaní zaručeného minimálneho prietoku.

8.2.1.5. METÓDA HRANIČNEJ HODNOTY OHROZENIA (ŠVAJČIARSKO):

Ako existenčné minimum pre udržanie ekologických funkcií toku je podľa nej potrebné dosiahnuť prietok aspoň $Q_{MZP} = 0,2 \times Q_{300}$, kde Q_{300} je priemerný denný prietok prekročený priemerne 300 dní do roka.

8.2.1.6. METÓDA MATTHEYA (ŠVAJČIARSKO):

Je často používaná práve vo Švajčiarsku, bola odvodené riaditeľom kantónu Waadt pre rybárstvo a podoprená experimentálnymi výsledkami. Udáva minimálnu požiadavku pre zachovania stavu rýb (pri započítaní nutných strát). Je vzťahnutá k hodnote najčastejšieho prietoku dlhšieho radu pozorovaní. Tento zvyčajne zodpovedá hodnote Q_{300} . Potom je: $Q_{MZP} = (15 \times Q_{300}) / (\ln Q_{300})^2$

Udáva sa, že vzťah sa zvlášť dobre osvedčil na ohrozených malých a stredných tokoch s Q_{300} menším ako 1000 l/s. Požiadavkou pre jeho použitie je, aby Q_{300} bolo väčšie ako 50 l/s. Používa sa tiež modifikovaná verzia, podľa ktorej sa Q_{300} nahrádza podľa tvaru čiary prekročenia priemerných denných prietokov hodnotou Q_{347} alebo minimálnym prietokom.

8.2.1.7. LINEARIZOVANÁ METÓDA MATTHEYA (ŠVAJČIARSKO):

Za predpokladu, že Q_{300} je väčšie ako 100 l/s, autor navrhuje použiť vzťah:

$$Q_{MZP} = 0,25 * Q_{300} + 75 \text{ (l/s)}$$

Tento vzorec udáva pre prietoky Q_{300} medzi 300 a 3000 l/s podobné hodnoty ako originálny vzťah, pri nižších a vyšších hodnotách sú vypočítané Q_{MZP} vyššie.

8.2.1.8. METÓDA BUETTIKER (ŠVAJČIARSKO)

Autor požaduje pre toky v ktorých žijú salmonidy, zaručený minimálny prietok v rozsahu prirodzených minimálnych prietokov okolo hodnoty Q_{347} . Od prípadu k prípadu je možné voliť diferencovanejší prístup znížením hodnoty minimálneho prietoku v zime a zvýšením v lete. Deje sa to najmä v prípadoch, kde je potrebné zohľadniť záujmy rybárstva, alebo iné záujmy. Zásadne by sa stanovená hodnota zaručeného minimálneho prietoku Q_{MZP} nemala znižovať.

8.2.1.9. METÓDA PODKROČENIA (RAKÚSKO)

Zaručený najmenší minimálny prietok by nemal byť podkročený v priemernom roku počas štyroch dní.

8.2.1.10. METÓDA ZIMMERMANN A PLANKA (RAKÚSKO)

Zaručený minimálny prietok má byť nad čiarou trvania tzv. extrémneho roku (najkratšie trvanie (prekročenie) z dlhšieho radu pozorovaní). Aby bola zachovaná

kontinuita celej biocenózy toku, treba ho v návrhovom roku určiť aj s ohľadom na vplyv prítokov.

8.2.1.11. METÓDA NNQ (RAKÚSKO)

Zaručený minimálny prietok musí zodpovedať aspoň hodnote najmenšieho pozorovaného prietoku (prírodný katastrofický stav toku).

8.2.1.12. METÓDA NNQM/RJ (RAKÚSKO):

Zaručený minimálny prietok nemá byť menší ako mesačný minimálny prietok návrhového roku.

8.2.1.13. REGIONÁLNA METÓDA PODĽA POVODÍ (ŠVAJČIARSKO):

Metóda predpokladá, že zaručený minimálny prietok potrebný pre udržania vodnej flóry a fauny sa dá určiť pre každé povodie podľa vzorca: $Q_{MZP} = K(A) \cdot q \cdot \ln A$, kde q je špecifický odtok v l.s.km⁻² zodpovedajúci 355 dennému prietoku, A je plocha povodia a $K(A)$ je súčiniteľ určovaný experimentálne a závisí od plochy skúmaného povodia.

8.2.1.14. METÓDA BUNDIHO

V publikácii Bundi et al. (1989) sa udávajú pre zvyškový prietok nasledovné smerné hodnoty:

- 1) zaručený minimálny prietok = najčastejší prietok QH (asi Q300),
- 2) odporúča sa limitovanie maximálneho odberu na cca. Q100 až Q80,
- 3) požadujú sa periodické dočasné zvýšenia prietoku, resp. povodne.

8.2.1.15. BADENSKÁ A HESSENSKÁ METÓDA

V Badensku - Wuertenbersku a Hessensku sa v rokoch 1983 a 1985 pokusne zaviedli nasledovné hodnoty (Ruf (1989)): Zvyškový prietok sa určí ako priemerný min. Nevýhodou riešenia je, že pre určenie zaručeného minimálneho prietoku sa vyžaduje existencia minimálne päťročného radu pozorovaní. Mader (1992) hodnotí výhody uvedených metód nasledovne:

- 1) dajú sa jednoducho aplikovať za podmienky, že sú k dispozícii potrebné údaje,
- 2) sú jednoducho merateľné a kontrolovateľné,
- 3) v prípade potreby sa dajú modifikovať tak, aby sledovali prirodzené kolísania prietokov,
- 4) sú vhodné ako pomocné hodnoty, ktoré odborníkovi uľahčia vykonanie ďalších prieskumov,
- 5) poskytujú predbežné orientačné hodnoty pri plánovaní (napr. energetického využitia toku).

Ich nevýhody formuloval v nasledovných bodoch:

- 1) prirodzený minimálny prietok sa čiastočne dokonca výrazne podkračuje,
- 2) realizácia premenlivého minimálneho prietoku je zložitá,
- 3) prakticky sa nezohľadňujú parametre koryta a kvalitu vody,
- 4) nezohľadňujú dĺžku odberom zasiahnutého úseku a vplyv medzipovodia,
- 5) hospodárne prevádzkovanie vodných elektrární je problematické,
- 6) jednotlivé vzorce sa hodia len pre určité typy tokov. Možnosť ich priameho použitia na iných tokoch je otázna.

8.2.2. Metódy pre určovanie minimálnych zaručených prietokov založené na hydraulických charakteristikách

8.2.2.1. METÓDA MIKSCHA (RAKÚSKO)

Bola vypracovaná Hydrografickou službou Hornorakúskej zemskej vlády pre povodia horného Rakúska. Zaručený minimálny prietok sa určuje na základe diagramu v závislosti od šírky koryta.

8.2.2.2. METÓDA MINIMÁLNEJ HĽBKY (RAKÚSKO)

Požiadavka hornorakúskej vlády na dodržanie 20 cm minimálnej hĺbky vody v toku. Cieľom ustanovenia je udržanie stavu rýb a preto sa požaduje aj udržanie zodpovedajúceho obsah kyslíka vo vode najmä v letných mesiacoch.

8.2.2.3. METÓDA SAWALLA A SIMONA (BÝVALÁ NDR)

Pri tejto metóde sa pri stanovení zaručeného minimálneho prietoku autori pokúsili zjednotiť požiadavku na zachovanie prúdenia v toku a zabránenie ukladaniu najmä vyhnívajúcich anorganických a organických plavenín. K splneniu prvej požiadavky stanovili podmienku zachovania minimálnej hĺbky 10 cm po celej šírke dna. Pre splnenie druhej požadujú v závislosti od druhu a veľkosti plavenín minimálnu rýchlosť prúdenia aspoň 0.3 až 0.4 m/s. Kombináciou oboch hodnôt dostávame požiadavku zachovať merný prietok 30 až 40 l/s.bm.

8.2.2.4. SATZNEROVA METÓDA

Satzner et al. (1990) zaviedli tzv. metódu pologúl'. Vychádzajú z úvahy, že unášacia sila pri dne sa mení zvyšovaním vodného stavu iba po istú hodnotu, potom zostáva prakticky nemenná. Pomocou 24 identických pologúl' rôznej hustoty položených na dno toku na vodorovnú platňu zisťujú metódou pokus - chyba unášaciu schopnosť toku. Pri určovaní zvyškového prietoku vychádzajú potom z hĺbky prislúchajúcej zvolenej unášacej sile. Snahou autorov je implicitne popísať komplexné pomery prúdenia pri dne a vyhnúť sa používaniu priemerných hodnôt z rôznych výpočtov.

Mader (1992) hodnotí výhody uvedených metód nasledovne:

- 1) zachovávajú charakter tečúcej vody v toku,
- 2) vo výpočtoch zohľadňujú tvar priečného profilu,
- 3) zabezpečujú individuálny prístup,
- 4) sú ľahko definovateľné, merateľné a kontrolovateľné,
- 5) nie sú potrebné dlhodobé hydrologické pozorovania,
- 6) udávajú smerné hodnoty pre energetické využitie tokov.
- 7) Nevýhody uvedených metód vidí v tom, že:
- 8) explicitne nezahŕňajú sklon toku,
- 9) nezahŕňajú prirodzený hydrologický režim,
- 10) nezohľadňujú dĺžku odberom zasiahnutého úseku a vplyv medzipovodia,
- 11) nezohľadňujú požiadavky na kvalitu,
- 12) pri širokých korytách sa bez stavebných úprav koryta dajú očakávať extrémne vysoké hodnoty minimálnych prietokov,
- 13) prakticky si vyžadujú úpravu profilu pri zaručenom minimálnom prietoku,
- 14) na horských tokoch je požiadavka hraničných hĺbok nerealistická,
- 15) jednotlivé vzorce sa hodia len pre určité typy tokov. Možnosť ich priameho použitia na iných tokoch je otázna.

8.2.3. Metódy založené na kombinácii hydrologických a morfológických charakteristík

8.2.3.1. ODPORÚČANIA PRACOVNEJ SKUPINY VYUŽÍVANIE VODNEJ ENERGIE V BADENSKU- WUERTTENBERGSKU

Pracovná skupina odporúča najprv vyhotoviť plán vodohospodárskeho využívania toku. Potom sa určuje zaručený minimálny prietok, výpočet vychádza z hodnoty sedemdnového minimálneho prietoku. Táto hodnota sa modifikuje pomocou radu parametrov, ktoré zohľadňujú individualitu toku (faktory veľkosti toku, dynamiku prúdu a pod.)

8.2.3.2. HESSENSKÁ METÓDA

Vychádza tiež z hodnoty sedemdnového minimálneho prietoku. Potom sa kontroluje, či sú splnené podmienky dostatočnej hĺbky, rýchlosti a omočeného obvodu.

8.2.3.3. METÓDA BLASCHKEHO (RAKÚSKO)

Blaschke et al. (1981) uvádzajú, že v hornom Rakúsku sa používa hodnota povinného prietoku $Q_{MZP} = 0,1 - 0,15 Q_a$

Túto hodnotu nepovažujú za vhodnú a sami navrhli vzťah medzi zvyškovým prietokom a šírkou koryta. Výhodiskom ich úvah bolo zachovanie charakteru tečúceho toku. Podľa nich pre toky v povodí Dunaja je potrebné počítať na 1 bm dna s asi 30 l/s

zvyškového prietoku (čo je približne 30 cm hĺbka vody). V ostatných častiach krajiny odporúčajú zachovať 40 l/s na bežný meter dna. Takto chcú implicitne zachovať ako hĺbku, tak aj rýchlosť prúdenia. Požadujú tiež minimálnu rýchlosť prúdenia 0,3 až 0,4 m/s.

8.2.4. Metódy založené na multikriteriálnom rozhodovaní pri zohľadnení ekologických parametrov

8.2.4.1. METÓDA KORUTÁNSKEHO LIMNOLOGICKÉHO ÚSTAVU

Metóda Korutánskeho limnologického ústavu určuje hranicu rybárskej využiteľnosti toku následovne: V dvoch alebo troch sezónach roku sa nájde najmenší pozorovaný priemerný mesačný prietok. Zaručený minimálny prietok sa určí ako 10 - 15 % jeho hodnoty v každej skupine zvlášť. Pri určení percentuálneho podielu sa zohľadňujú nasledovné aspekty:

- 1) potreba udržania kvality vody v toku (aspoň v druhej triede),
- 2) rýchlosť prúdenia nesmie poklesnúť pod 0.6 m/s,
- 3) zatienenie koryta - letné prehrievanie vody,
- 4) minimálna hĺbka v toku,
- 5) nebezpečenstvo dnového zámruzu koryta.

Takýmto spôsobom určený zaručený minimálny prietok má premenlivú veľkosť počas roku. Premennivosť približne zodpovedá prirodzenému kolísaniu prietokov počas roku.

8.2.4.2. METÓDA ROZLIŠOVANIA MEDZI ZARYBNENÝMI A NEZARYBNENÝMI TOKMI A TOKMI NAD 1700 M N. M. (ŠVAJČIARSKO):

Pri zarybnených tokoch, ako uvádza Schälchli (1991), by podľa paragrafu 31 zákona o vodách vo Švajčiarsku pri odbere vody z tokov so stálym prietokom zvyškový prietok mal byť aspoň:

- 1) pri Q_{347} do 60 l/s bude minimálny prietok 50 l/s a pre každých 10 l/s Q_{347} ďalších 8 l/s,
- 2) pri Q_{347} 160 l/s bude minimálny prietok 130 l/s a pre každých 10 l/s Q_{347} ďalších 4,4 l/s,
- 3) pri Q_{347} 500 l/s bude minimálny prietok 280 l/s a pre každých 100 l/s Q_{347} ďalších 31 l/s,
- 4) pri Q_{347} 2500 l/s bude minimálny prietok 900 l/s a pre každých 100 l/s Q_{347} ďalších 21,3 l/s,

- 5) pri Q_{347} 10 000 l/s bude minimálny prietok 2 500 l/s a pre každých 1 000 l/s Q_{347} ďalších 150 l/s,
- 6) pri Q_{347} nad 60 000 l/s bude minimálny prietok 10 000 l/s.
- 7) V nasledovných prípadoch môžu jednotlivé kantóny povoliť nižšie hodnoty:
- 8) v úseku 1 000 m pod odberom, v prípade, že sa jedná o tok v nadmorskej výške vyššej ako 1 700 m n. m. a s hodnotou Q_{347} menšou ako 50 l/s,
- 9) v rámci plánovania ochrany a využívania topograficky súvisiaceho ohraničeného územia, pokiaľ sa realizuje zodpovedajúce vyrovnanie vhodnými opatreniami v tom istom území (ako zákaz iných odberov),
- 10) v situáciách núdze,
- 11) pri prietoku Q_{347} vyššom ako 50 l/s musí existovať koryto s hĺbkou aspoň 20 cm.
- 12) Pri nezarybnených tokoch sa požaduje:
- 13) zachovať minimálnu hodnotu zaručeného minimálneho prietoku aspoň 50 l/s,
- 14) pri prietoku Q_{347} menšom ako 1000 l/s ponechať aspoň 35% jeho hodnoty v prirodzenom koryte toku,
- 15) kvalita vody v prirodzenom koryte sa nesmie zmeniť v dôsledku vypúšťania odpadových vôd súčasných ani budúcich,
 - ✓ zásoby podzemných vôd a odbery pitnej vody musia ostať nedotknuté,
 - ✓ treba zabezpečiť udržanie vzácných biotopov.

8.2.4.3. METÓDA MODM (RAKÚSKO)

Zaručený minimálny prietok sa určuje pomocou multikriteriálneho rozhodovania pri zohľadnení nasledovných kritérií:

- 1) celkový objem vody v riečnom úseku dotknutom odberom ako miera pre životný priestor,
- 2) najmenšie hĺbka vody v dotknutom úseku toku ako miera pre biologickú diverzitu a veľkosť jedincov,
- 3) najvyššia teplota vody, ktorá sa vyskytne v dotknutom úseku toku ako ukazovateľ pre zmenu teplotných pomerov,
- 4) najnižšia hodnota rozpusteného kyslíka vo vode v dotknutom úseku toku ako ukazovateľ kvality vody.

Cieľom rozhodovania je, aby sa podľa možnosti rovnako uplatnili ekologické a ekonomické kritériá. Podľa Radlera a Nachtnebel (1989) sa v Štajersku zohľadňujú aj kritériá vzácnosti záujmového územia. Rozlišuje sa medzi prírodnými rezerváciami, chránenými územiami a tokmi mimo týchto oblastí.

8.2.4.4. METÓDA VÁŽENIA ZÁUJMOV (ŠVAJČIARSKO)

Racionálnym jadrom metódy je, že s ohľadom na záujem využívať vodu (napr. energetické využite) sa uznáva nemožnosť splniť všetky požiadavky na ochranu toku. Všetky požiadavky, ktoré presahujú minimálnu potrebnú mieru ochrany, podliehajú rozhodovaniu. Musia byť jasne definované a materiálne hodnotiteľné. Určenie zaručeného minimálneho prietoku vychádza z najvyššej hodnoty kritických prietokov určených pre rôzne hľadiská. V snahe zjednotiť určovanie vydal spolkový úrad pre životné prostredie hodnotiacu schému.

8.2.4.5. ZRIEĎOVACIA METÓDA (ŠVAJČIARSKO)

Podľa tejto metódy sa zaručený minimálny prietok určuje ako aspoň desaťnásobné nariadenie množstva biologicky čistených odpadových vôd, ktoré sú vypúšťané do dotknutého úseku toku. Minimálna rýchlosť nemá klesnúť pritom pod 0.5 m/s.

8.2.4.6. METÓDA PARAMETROV PRÚDENIA (RAKÚSKO)

Podľa tejto metódy sa určí vplyv zvolenej hodnoty minimálneho prietoku na každý sledovaný parameter podľa jednej schémy. Cieľom hodnotenia je určenie potrebných korekcií, prípadne stavebných úprav koryta tak, aby sa boli splnené minimálne požiadavky.

8.2.4.7. METÓDA SCHÄLCHLIHO (ŠVAJČIARSKO)

Schälchli (1991) sa pokúsil o komplexnejší prístup. Vychádza z morfológických a hydraulických charakteristík riečného úseku, pričom predpokladá, že implicitne budú obsahovať aj ekologické hľadiská. Pri pochôzke v teréne pokusne určil 7 rôznych riečno-morfológických typov horských potokov vo Švajčiarsku. Zvolil si 8 rôznych kritérií posudzovania zvyškového prietoku. Patria k nim hydraulické (omocnený obvod, doba zdržania, priesak do podzemných vôd), vizuálne (tzv. biela voda - čerenie vody) a akustické (hučanie, šumenie). Pre každý typ toku a preň použiteľné kritériá určil zvyškový prietok. Tieto potom štatisticky spracoval do kumulatívneho histogramu. Ako zvyškový prietok navrhuje použiť hodnoty kvantilov 70 a 90 percent pre jarne a jesenné resp. letné mesiace.

8.2.4.8. METÓDA MADERA (RAKÚSKO)

Mader (1992) urobil podobnú štúdiu v Rakúsku. Pokúsil sa vypracovať typológiu tečúcich vôd a určiť modelové schémy pre jednotlivé typy tak, aby sa pri individuálnom posudzovaní dali použiť objektívne kritériá a postupy. S pomocou podpory vodných elektrární robili aj priame pokusy na úsekoch pod nádržami.

Mader (1992) hodnotí výhody komplexnejších metód takto:

- 1) je možné individuálne hodnotiť každý tok,

- 2) zohľadňujú hydrologické, hydraulické, morfológické a ekologické parametre,
- 3) súčasne zohľadňujú ekonomické a ekologické ciele.
- 4) Nevýhody týchto metód sú v tom, že:
- 5) sú relatívne náročné a zložité na používanie,
- 6) matematické modelovanie dynamických ekosystémov je možné len za účasti špecialistov,
- 7) vstupné hodnoty do modelov si vyžadujú zvláštne merania a prieskumy,
- 8) prístupy sa dajú použiť len pre niektoré typy tokov, možnosť ich prenosu na iné toky je otázna.

8.2.5. Nové priority v právnych predpisoch alpských krajín ovplyvňujúce prístupy k určovaniu minimálnych zaručených prietokov

Literatúra obsahuje popri samotných metódach aj úvahy reagujúce na nedostatky súčasných postupov. Autori pritom vychádzajú z požiadaviek zákonodarcov, výsledkov z príbuzných a dotknutých vedných odborov. V ďalšom zhrnieme niektoré výroky z takto ladených prác. Považujeme ich za indikátor toho, kam sa môže v blízkej budúcnosti prax uberať.

Mader (1992) upozornil nato, že v literatúre existuje snaha sústrediť sa na vybranú skupinu parametrov prúdenia (ako šírka, hĺbka, plocha vodného povrchu, typ prúdenia, teplota vody, hydrologický typ toku), Schälchli (1991) ich doplnil o ukazovatele ekologického typu. Snahou oboch autorov je obmedziť sa na skúmanie vodohospodársky kvantifikovateľných parametrov, ktoré by implicitne obsahovali aj ekologicky relevantné výpovede.

Viacerí autori s takýmto ponímaním pre budúcnosť nesúhlasili (Schälchli (1991)). Ruf (1989) upozorňuje na to, že fundované určenie zvyškového prietoku si vyžaduje v každom jednotlivom prípade systematickú a opakovateľnú analýzu funkcií toku v zmysle EIA.

Vodohospodári idú v tejto oblasti do konkrétnych opatrení. Z hľadiska rybného hospodárstva odporúčajú minimálne hĺbky 20 cm, zaručenie priechodnosti toku, typy prúdenia (v čase a priestore) potrebné pre každú fázu rozvoja plôdiku, dostatočne členité koryto, prísun živín a organizmov z horného úseku (drift) zodpovedajúci prírodným podmienkam a pod. Z hľadiska prirodzeného osídľovania záujmového územia je potrebné vytvoriť podmienky pre dostatočnú tvorbu potravy pre ryby (Pechlaner (1989)).

Zvýšenú pozornosť odporúčajú viacerí venovať kolmatačným procesom, ktoré môžu ovplyvniť nielen priesaky do podzemných vôd, no aj faunu dna (Zimmermann

(1989)). Jäger (1985) upozorňuje, že pri rýchlostiach nižších ako 0.2 m/s dochádza k usadzovaniu častíc, ktoré spôsobia s ďalšími faktormi úplnú zmenu pôvodného biotopu. Suspendované sedimenty sa pritom neposudzujú všeobecne negatívne, no odporúča sa vytvoriť podmienky pre preplachovanie koryta.

Z hľadiska teplotného režimu je potrebné uvažovať s vplyvmi nasledovných procesov:

- 1) silné zohriatie v lete v dôsledku slnečného žiarenia,
- 2) nebezpečenstvo tvorby dnového ľadu v zime,
- 3) oteplenia a ochladzovania výronmi podzemnej vody.

Pechlaner (1989) popisuje, ako už malé zmeny teploty v zime napr. urýchlia vývoj lariev rôzneho hmyzu a jeho dôsledky na život v toku.

Okrajovo sa objavujú aj práce venujúce sa estetickému pôsobeniu toku. Ide o zistenie (pomocou prieskumov), aké hodnoty prietoku sú v rôznych obdobiach považované respondentmi za vhodné a ako hodnotia tieto isté úseky s menším prietokom.

Bundi et al. (1989) sa pokúsili zhrnúť požiadavky na zvyškový prietok do nasledovných bodov:

- 1) zvyškový prietok musí byť premenlivý v čase,
- 2) jeho variabilita má mať ten istý charakter ako variabilita prirodzeného prietokového režimu,
- 3) istý minimálny prietok nesmie byť nikdy podkročený,
- 4) na jar a začiatkom leta musí byť v toku zvýšený prietok, lebo aj pri prirodzenom režime sú v toku povodne. Tieto sú dôležité pre juvenilný vývoj salmoníd a cypriníd,
- 5) dočasné zvýšenia prietoku a povodne sú potrebné pre čistenie dna od jemných častíc, utlmenie rastu álg a štruktúrovanie dnových sedimentov.

Jäger (1983) požaduje, aby zvyškový prietok sledoval chod prirodzeného prietoku a bezpodmienečne sa zamedzilo vyschnutiu alebo premrznutiu toku, čo i len na niekoľko dní.

Schmidke (1990) upozorňuje na potrebu analyzovať vzťah medzi zvyšovaním zvyškového prietoku a následného zlepšenia ekologických funkcií. Snaha sa musí zamerať na kvantitatívnu výpoveď, aby bolo dostatok kontrolovateľných a transparentných podkladov pre rozhodovanie. Určovanie zvyškového prietoku bude treba chápať aj v širšom zmysle vodohospodárskeho plánovania.

Binder (1989) uvádza, že určenie dostatočného zvyškového prietoku je často len prvým krokom k dosiahnutiu vytýčeného cieľa. Tým je udržanie, resp. znovuvytvorenie

typických biocenóz. Preto sú potrebné dodatočné opatrenia, ktoré pomôžu nastoliť potrebný vývoj v toku a jeho okolí. Tieto sú zhrnuté v plánoch údržby resp. rozvoja.

Uvedené názory sa nakoniec spolu s postupnou, ale výraznou zmenou paradigiem v hospodárení s vodou odzrkadlili aj vo vývoji právnych predpisov. Odbermi vody z tokov sa vo Švajčiarsku zaoberá článok 24 spolkovej ústavy, ktorý bol prijatý v roku 1975. Definuje povinnosť spolku vydávať zásadné predpisy:

- 1) zaručujúce ochranu, prieskum a využívanie vodných zdrojov,
- 2) regulujúce ich využívanie na energetické a chladiarenské účely,
- 3) regulujúce vodné stavy a prietoky povrchových a podzemných vôd s ohľadom na prevody vody, závlahy a odvodnenia a iné zásahy do kolobehu vody.

Zároveň predpisuje povinnosť vydať nariadenia aj o zodpovedajúcich zvyškových prietokoch. Na základe prijatia tohto článku bol v roku 1991 parlamentom revidovaný zákon o ochrane vôd. V článku 1. sa medzi cieľmi uvádza udržanie prirodzeného životného prostredia pre rastlinstvo a živočíchy, zachovanie rybo nosných vôd, udržanie krajnotvornej funkcie vôd, zaručenie prirodzenej funkcie kolobehu vody. Druhá kapitola popisuje zabezpečenie zodpovedajúceho zvyškového prietoku. Predpisuje sa povinnosť získať povolenie na odber vody nad rámec bežného obecného užívania. Uvádzajú sa pomerne detailné obmedzenia pre užívateľov. Niektoré z nich uvádzame:

Určený zvyškový prietok sa musí zvýšiť, ak:

- 1) sa nedá zaručiť predpísaná kvalita vody,
- 2) nebude dostatočná dotácia zdrojov podzemných vôd pre potreby zásobovania pitnou vodou,
- 3) sa poklesom hladín podzemných vôd zasiahne do vodnej bilancie poľnohospodársky využívaných pôd,
- 4) sú ohrozené vzácne habitaty,
- 5) nebude dostatočná hĺbka vody pre migráciu rýb,
- 6) nebude zaručená funkcia tokov ako neresiska a chovného prostredia rýb v tokoch s prietokom nižším ako 40 l/s v oblastiach s nadmorskou výškou nižšou ako 800 m n. m.

Zákon uvádza tiež, kedy sa v niektorých výnimočných prípadoch v jednotlivých kantónoch môže určiť zvyškový prietok nižší, ako minimálne predpísaný.

Podľa paragrafu 33 však štátny orgán zvyšuje zaručený minimálny prietok v takej miere, v akej zväží záujmy pre a proti plánovanému odberu. Ako záujmy proti odberu sa pri horských tokoch uvažujú najmä:

- 1) význam tokov ako krajnotvorného prvku,

- 2) význam tokov ako životné prostredie pre od neho závisiaceho živočíšstva a rastlinstva, zahrňujúc ich druhové bohatstvo a menovite aj rybnú faunu, jej výnosy a prirodzené rozmnožovanie.

Mimo týchto predpisov je potrebné zohľadniť ďalšie, napr. aj predpisy o vypúšťaní odpadových vôd, ktoré stanovujú, že oteplenie v toku nesmie presiahnuť 3°C. Zvyškový prietok musí zriediť odpadové vody tak, aby boli dodržané predpisy pre kvalitu povrchových vôd.

Pre získanie súhlasu k odberu z hľadiska rybného hospodárstva musia príslušné orgány pri zohľadnení prírodných daností a ostatných záujmov predpísať opatrenia, ktoré sú vhodné k vytvoreniu vhodných životných podmienok pre vodných živočíchov z hľadiska:

- 1) minimálnych prietokov pri odberoch, prevodoch a zadržaniach vody,
- 2) vytvorenia prietočného profilu,
- 3) stavu dna a brehov,
- 4) počtu a foriem rybných útulkov,
- 5) hĺbky vody a teploty vody,
- 6) rýchlosti vody.
- 7) podmienok voľnej migrácie rýb,
- 8) podmienok prirodzeného rozmnožovania rýb.

Pri nemožnosti splnenia týchto podmienok je rozhodnutie závislé od celkových záujmov.

Rakúsky vodný zákon z roku 1969 povoľuje využitie prietoku, ak (paragraf 105):

- 1) nevznikne škodlivý vplyv na trasu, výšku, sklon alebo brehy prirodzeného toku,
- 2) kvalita vody nebude záporne ovplyvnená,
- 3) nevznikne zábrana pre obecné užívanie, ohrozenie kultúry krajiny, estetické pôsobenie lokálnej krajiny alebo prírodných krás.

Novela z roku 1985 nepripúšťa tiež obavy zo žiadneho zásadného obmedzenia ekologickej funkcie tokov. Vodný zákon v tomto období obsahoval požiadavku ako hospodárnosti zariadenia, tak aj ochrany prírody. Neobsahuje však žiadne záväzné opatrenia a odkazy na technické aspekty, ako napr. určenie povinného prietoku. (Radler a Nachtnebel (1989)).

Ďalšou novelou z roku 1990 rakúske vodné hospodárstvo, podľa Madera (1992), splnilo požiadavku noviel rakúskej ústavy ku komplexnej ochrane životného prostredia. Otvorilo cestu k modernému, ekologicky orientovanému vodnému hospodárstvu. Zmeny v zákone sa týkajú najmä ochrany vôd, vrátane príbrežných oblastí ako ekosystémov, a predpísanie ekologicky a vodohospodársky (v tomto poradí!) potrebných zvyškových a

dotačných prietokov. Ako podklad pre určenie vodoprávneho povolenia sa všeobecne považuje súčasná úroveň vedomostí a metód v súvisiacich vedných a technických disciplínach.

Základným východiskom pre určenie minimálneho prietoku je paragraf 13. Miera užívania vody sa v povolení obmedzuje tak, aby časť prietoku slúžila pre udržanie ekologickej funkcie toku ,ako aj pre iné hodnotné účely obzvlášť pre zásobovanie vodou. Dočasne sa môžu udeľovať výnimky.

Zároveň sa upravujú staršie vodoprávne rozhodnutia. Za účelom zachovania verejného záujmu sa umožňuje zasahovať do právnej účinnosti rozhodnutí. Pri zachovaní princípu pomerov záujmov môžu štátne orgány obmedziť alebo aj zrušiť ako mieru, tak aj spôsob užívania vody. Minimálnych prietokov pri vodných elektrárňach sa to dotýka len vtedy, ak je verejný záujem na ekologickej funkčnosti toku vyšší, než záujem o doterajší spôsob využívania vody a nedá sa uspokojiť iným, právo využívať vodu neobmedzujúcim spôsobom.

Praktická realizácia požiadaviek zákona naráža na rad problémov a sporných otázok, (podľa Madera (1992) často v praxi neriešiteľných), keďže neexistujú všeobecne platné metodiky pre ekonomicky a ekologicky optimalizované určenie zvyškového prietoku. Jeho hodnoty určujú ako projektanti, tak aj štátne orgány, a sú výsledkom subjektívneho posúdenia každého jedného prípadu. Odhliadnuc od niekoľkých veľkoprojektov, kde je možné tejto problematike venovať dostatok financií, sa potom väčšinou používajú rôzne vzorce a postupy, ktoré nezodpovedajú ani duchu zákona, ani dnešnému stavu vedomostí (Gutknecht (1993)).

Ani v SRN neexistuje podľa Lechera (1993) jednotne stanovený postup pre určenie zvyškového prietoku. Určuje sa od prípadu k prípadu vodoprávnym pokračovaním. Maniak (1990) popisuje súhrn relevantných zákonov, predpisov a postupov. Sú založené na potrebe regulácie možných vplyvov na vodstvo. Prvotne ide síce o ochranu vôd, no táto nie je chápaná izolovane od ostatných zákonov z oblasti životného prostredia. Ide o zákony, ktoré sú v prvom pláne venované ochrane iných zložiek životného prostredia. Patria sem napr. ochrana rastlín a zvierat, ochrana ovzdušia, ochrana pred hlukom, bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci, ochrana pred epidémiami a pod. Spolkový zákon je rámcový (a nadradený) pre krajinné zákony a predpisy (to samozrejme značne komplikuje situáciu pre posúdenie súčasného stavu). Potrebné je spomenúť aj to, že spolková vláda sa od vydania smerníc ES pre kvalitu povrchových a podzemných vôd v roku 1976 zasadzuje za ich presadenie v domácich predpisoch.

V prvom paragrafe zákona o vodnom hospodárstve sa deklaruje, že cieľom hospodárenia s vodou je slúžiť blahu všetkých a v súhlase s tým aj úžitku jednotlivcov, pričom treba vylúčiť všetky prakticky vylúčiteľné obmedzovania.

Ochrana vôd pozná jednak reguláciu pri cielenom využívaní vody, tak aj preventívnu reguláciu. Explicitne sú uvedené využívania podliehajúce povoleniu ako pre povrchové (odbery, zadržania a prevody, bagrovanie, vypúšťanie), tak aj pre podzemné (odbery, dotácie, zníženie a vzdúvanie) vody. Všeobecne sa posudzujú všetky „zásahy, ktoré sú schopné sústavne alebo v nie nezanedbateľnej miere spôsobovať škodlivé zmeny vo fyzikálnom, chemickom alebo biologickom stave vody“.

Pre určenie zbytkového prietoku sú zaujímavé aj ustanovenia iných zákonov. Spomenieme ešte niektoré ustanovenia zákona o odpadoch:

- 1) nesmú byť ohrozené úžitkové zvieratá, vtáctvo, divoká zver a ryby,
- 2) nesmú byť škodlivo ovplyvnené vody, pôdy a úžitkové rastliny.
- 3) Zo zákona o ochrane prírody vyplýva ďalej povinnosť:
- 4) udržiavať a zlepšovať kapacitu prírodných kolobehov, pričom sa treba vyvarovať zásahov do nich alebo ich treba kompenzovať,
- 5) vodné plochy treba udržiavať a rozmnožovať,
- 6) toky je potrebné chrániť pred znečistením, samočistiaca schopnosť má zostať zachovaná,
- 7) pobrežná vegetácia má byť zachovaná,
- 8) divoko žijúcu zver, jej biotopy treba chrániť, ošetrovať, rozvíjať a obnovovať.

Možnosť presadiť tieto všeobecné deklarácie a zámery zákonodarcu do praxe je niekoľko. V Dolnom Sasku sa môžu predpísať napr. tzv. Výnosy k udržaniu čistoty a požadovať zostavenie Vodohospodárskych plánov a ich zverejnenie ako výnos zákonodarcu. Plány majú obsahovať:

- 1) zoznam tzv. využití toku,
- 2) vlastností, ktoré sa majú pozdĺž toku zachovať,
- 3) opatrenia, ktoré sú potrebné pre dosiahnutie alebo zachovanie predpísaných charakteristík,
- 4) iné vodohospodárske opatrenia.
- 5) Pod využitie pritom spadajú:
- 6) odbery a vypúšťanie vody, vyžitie vodnej energie a pod.,
- 7) ekologické aspekty toku ako habitatu pre živočíchov a rastlinstvo,
- 8) rekreačné funkcie tokov.

Vlastnosti toku sa popisujú charakteristikami kvality vody (ako obsah rozpusteného kyslíka, zaťaženie toku a pod.), ale aj charakteristikami prúdenia, minimálnou potrebnou hĺbkou, úpravou brehov a pod.

Opatrenia, ktoré majú v rámci plánu pozitívne pôsobiť na tok sú napr.:

- 1) zlepšenie kvality vody výstavbou ČOV, rekonštrukciou kanalizácií, znižovaním difúzneho znečistenia v povodí atď.,

- 2) ekologické zlepšenie vlastností toku pomocou revitalizácie upravených úsekov, úpravou korýt a brehov spôsobom blízky prírodným pomerom, tiením brehových zón a zlepšením hladinového režimu minimálnych prietokov.

8.3. Odras legislatívnych zmien v metódach EF (MZP).

Ako už bolo viackrát uvedené, jedným z centrálnych motívov pre zavedenie metód pre určovanie minimálneho prietoku v nemecky hovoriacej časti alpskej oblasti, bola potreba regulovať odbery pre derivačné vodné elektrárne. Až neskôr sa k nim začínajú pridávať metódy určené aj pre iné scenáre využívania prietoku. Očakávame, že v súvislosti so zavádzaním Rámcovej smernice EÚ sa podiel týchto metód ako vo výskume, tak aj v praxi bude zvyšovať.

V poslednom období sa aj preto vo výskume a praxi v nemecky hovoriacich častiach alpskej oblasti (radíme sem Švajčiarsko, Nemecko a Rakúsko) prejavil zvýšený záujem o malú vodnosť a minimálne prietoky zvlášť.

Na TU v Mníchove riešil Maile výskumnú úlohu s názvom Hodnotenie biocenóz v tečúcich vodách opustených (starých) korýt vodných elektrární. (Maile (1997)). Východiskom riešenia je zámer, zachovať v opustenom koryte biocenózu zodpovedajúcu danému typu stanovišta a k tomu odvodiť metódu na určenie potrebného množstva vody – minimálny prietok. Úloha riešila kvantifikáciu vplyvu zmeny odtoku na biocenózu tečúcich vôd s ťažiskom na hodnotenie makrozoobentosu. Experimentálny výskum obsahoval 10 rôznych typov tokov a na nich 20 stanovišť v opustených korytách pod vodnými elektrárnami (s inštalovaným výkonom do 1300 kW). Popri kvalitatívnom a kvantitatívnom hodnotení makrozoobentosu sa hodnotilo aj množstvo fyzikálnych a chemických parametrov. Ako hydraulické parametre odtoku sa vyhodnocovali rýchlosti prúdenia pri dne a tzv. čísla pologúl podľa vyššie popísanej metódy pologúl. Pre naplnenie cieľov úlohy sa zvlášť skúmali možnosti merať rýchlosti prúdenia tesne pri dne toku (výsledky pozri v Nothaft (1997)).

Ako spoľahlivý parameter pre hodnotenie ekologického vplyvu zníženia prietoku sa zvolil taký parameter reotypickej diverzity, ktorý vykazoval významné korelačné závislosti so strednou rýchlosťou prúdenia pri dne. Výsledky poukazujú na to, pre vhodné zloženie makrozoobentosu na danom stanovišti existujú prahové hodnoty strednej rýchlosti prúdenia pri dne. Limitujúcim faktorom pre reotypickú diverzitu je pritom hodnota minimálneho prietoku, pričom pre limnologické organizmy sú to maximálne prietoky. Pri veľmi nevhodnom pomere medzi týmito dvoma extrémami prietokového režimu sa nemôžu trvalo v toku udržať limnologické ani reotypické organizmy. Práca bola zavŕšená skúmaním rybej fauny, životným prostredím štrkových lavíc a špeciálne

zimnými situáciami. Výsledky sa považujú za reprezentatívne pre horné a stredné úseky horských a podhorských tokov. Prenositelnosť výsledkov na iné toky sa skúma.

Na Univerzite v Štuttgarte sa riešila obdobná úloha, ktorá nadväzuje na tieto a podobné výsledky a bola zameraná aj na hydraulicko-morfologickú simuláciu prognózu vývoja habitatov v tečúcich vodách (<http://www.iws.uni-stuttgart.de>).

Heilmar a Strobl (1994) a Heilmar (1997) vykonali v rokoch 1992 až 1995 podrobný hydraulický a morfologický výskum na stanovištiach a tokoch ako Maile odvodili dve metodiky pre určovanie minimálneho prietoku založené na analýze vzťahu rýchlosti prúdenia blízko dna a makrozoobentosu. Jedna je metodika je založená na priamom meraní rýchlostí v úsekoch, resp. vybraných profiloch a druhá na hodnotení Froudovho čísla.

Spoločné výsledky z týchto projektov integrovali Maile, Heilmar a Strobl (1997) do metodiky MEFI (Munich ecological flow investigation), ktorá sa už v čase publikácie správy použila v praxi na viac ako jedenástich vodných dielach. Je založená na detailnejšom skúmaní pomerov prúdenia vody blízko dna a hydraulicko-morfologických parametroch toku, hodnotení intenzity slnečného žiarenia a typizácii tokov. Analýza vlastností makrozoobentosu nie je nutná, model umožňuje výpočet minimálneho prietoku pred vlastným zriadením vodného diela. Táto metodika je rozšírená najmä v Bavorsku, ktoré ako prvá spolková krajina zaviedla do svojej legislatívy nielen ekologické štandardy, ale v roku 1996 aj procedúru na ich aplikáciu pri posudzovaní minimálneho prietoku pri využívaní vodnej energie, tzv. Restwasserleitfaden (ktorá bola v roku 1999 prepracovaná). Táto je založená na vzájomnej dohode ministerstva pre životné prostredie, štátnou vodnou správou zväzov pre ochranu prírody a prevádzkovateľov vodných elektrární. Dohoda sa považuje za vzorovú pre celú SRN, lebo vytvára priestor pre negociáciu medzi ekologickými a ekonomickými záujmami (Viering (1998)).

V Hessensku v roku 1998 sa výnosom určilo, že orientačne by minimálny prietok v opustenom koryte nemal byť menší, ako tretina priemerného minimálneho prietoku (Viering (1998)). Informácie o sprevádzkovaní nových vodných diel potvrdzujú, že sa procedúra ujala a Bavorsko tým neprijalo všeobecný zákaz výstavby nových malých vodných elektrární ako Sasko, ale tak ako v minulosti sa bude rozhodovať od prípadu k prípadu, pozri napr. webovú stránku:

www.umweltministerium.bayern.de/aktuell/newsroom/2002/190602.htm).

O situácii v Bádensku-Wuerttenbersku informujú Goettelmann a Ross (2001) v prípadovej štúdií zaoberajúcou sa možnosťou začať vodoprávne konanie vo veci malej vodnej elektrárne Neumangen. Výnos zemskej vlády o využívaní vodnej energie v tejto spolkovej krajine z roku 2000 určuje ako orientačnú hodnotu minimálneho prietoku jednu tretinu priemerného minimálneho prietoku. Následne sa požaduje posúdenie ekologickej

funkčnosti opusteného koryta. Autori navrhujú pritom vychádzať z metodiky EIA, ktorá medzi hodnotiacimi kritériami pre vodné stavby uvádza aj charakteristiky prúdenia a kvality vody. Ako prioritné hydroekologické aspekty uvádzajú:

- 1) potrebu udržania súvislého a funkčného životného priestoru pre organizmy, ktoré má práve zabezpečiť minimálny prietok,
- 2) kontinuitu toku a dna s vhodným substrátom, minimálnymi hĺbkami a rýchlosťami,
- 3) stabilitu dna,
- 4) teplotné pomery,
- 5) estetiku krajiny.

Pre posúdenie naplnenia takýchto cieľov navrhujú vypracovať zvláštnu štúdiu, ktorá bude obsahovať ako terénne merania, tak aj počítačové simulácie. Metodiku Phabsim pritom nepovažujú za dostatočnú na posúdenie vplyvu štruktúry dna na ekologickú kvalitu, ktorú pokladajú za dôležitú. Preto odporúčajú používanie modelu CASIMIR, ktorý bol vytvorený hydroekologickou skupinou na Univerzite v Stuttgarte (Jorde (1997)). Podobný názor zverejnili a podporujú Jorde a Truffer (2002) v spojitosti s budúcnosťou využívania vodnej energie vo Švajčiarsku. Tento umožňuje výpočet tangenciálnych napätí, ktoré navrhujú používať pri hodnotení bentosu. Náklady na takúto štúdiu uvádzajú ako menej než je 5 percent nákladov na stavbu. Týmto spôsobom navrhujú naplniť požiadavky výnosu spolkovej krajiny na znižovanie negatívnych dopadov odberov vody.

Organizácia LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) vydala v roku 2001 odporúčania, ako určovať minimálny (zvyškový) prietok v úsekoch tokov pod vodnými elektrárnami. Vychádzajú zo zákona o vodách (Wasserhaushaltsgesetz), ktorý požaduje pre existujúce a plánované využívanie vodnej energie stanovenie princípov pre únosné zaťaženie dotknutých tokov bez úplného vyčerpania ich miery zaťažiteľnosti. Ako priorita sa pritom uvádza potreba určenia takého minimálneho prietoku a opatrení, ktorý zabezpečí priechodnosť diela pre akvatickú faunu a v čo možno najvyššej miere zachová staré koryto, ako typický prirodzený životný priestor. Zdôrazňuje sa, že ako v zákone o vodách, tak aj v Rámcovej smernici sa presadzuje celostný ekosystémový pohľad na tok a jeho povodie a cieľ dosiahnuť dobrý ekologický stav. Preto sa pre určovanie minimálnych prietokov navrhujú dve metódy, ktoré reflektujú rôzne prístupy k problematike v jednotlivých spolkových štátoch SRN. Obe metódy kvantifikujú po prvý raz aj ekologické nároky typickej biocenózy pre dané lokality. Tieto sú reprezentované vybraným (vedúcim) rybím druhom. Metóda nazývaná „biotop-odtok“ (B-O) je založená na dvoch faktoroch: rýchlosť prúdenia a hĺbka vody. Metóda uvádzaná ako „ekohydrologický prístup“ (EHP) je zameraná na priemerné pomery (podmienky) malej

vodnosti a hĺbku vody. Minimálny prietok odvodený podľa týchto postupov sa pritom nemá porovnávať s jeho hodnotami určenými podľa iných metód.

Podľa metódy B-O sa má v starom koryte, pri minimálnom prietoku a na zvolenom reprezentatívnom mieste (brod), dosiahnuť stredná profilová rýchlosť aspoň 0.3 m/s a v závislosti na biocenóznej oblasti, hĺbka vody aspoň od 0.2 do 0.4 m, resp. v najhlbších časti koryta – talveg – priemerná hĺbka vody aspoň 0.3 až 0.6 m.

Podľa metódy EHP sa má minimálny prietok v čo najvyššej miere prispôbiť pomerom pri priemernej malej vodnosti, aby sa mohli zachovať kvalita pre lokalitu typických biotopov. Táto hodnota sa určuje v závislosti od príslušného biocenózeho regiónu, má zachovať predpísané minimálne hĺbky v najhlbších častiach koryta a kontinuitu toku, a môže siahať od príslušnej hodnoty priemerného minimálneho prietoku MNQ, cez hodnoty MNQ pre zimnú a letnú sezónu až po MNQ pre jednotlivé mesiace pre neresenia a počiatkové štádium vývoja zvoleného druhu ryby.

Odporúča sa zásadne začať s určovaním minimálneho prietoku podľa metódy B-O. Ak je táto hodnota oveľa vyššia ako je hodnota podľa metódy EHP, alebo je metóda B-O na danom type toku nepoužiteľná, sa použije metóda EHP. Nadlepšovací prietok sa určí nie na základe vyššie uvedeného výpočtového postupu, ale vodoprávne pri povinnom zohľadnení všetkých ostatných príslušných potrieb a nárokov.

Obdobné tendencie je možné badať aj vo vývoji v Švajčiarsku. Riešenie problému stanovenia minimálneho prietoku vychádza zo základných legislatívnych predpisov ochrany životného prostredia, ochrany vôd, vodných stavieb, využívania vodnej energie, manažmentu mokradí a rašelinísk, výnosov EIA o územnom plánovaní, rybárstve a pod. (ich úplný zoznam pozri na (www.umwelt-schweiz.ch/buwal/php)).

Organizačne otázku zastrešuje Spolkový úrad pre životné prostredie, lesy a krajinu BUWAL (Bundesamt fuer Umwelt, Wald und Landschaft), na ktorom je zriadené oddelenie pre ochranu vôd a rybárstvo. Toto oddelenie má za úlohu koordinovať a riadiť ochranu vôd. V rámci nej sa v posledných desaťročiach pomocou viacmiliardových investícií zlepšila kvalita vôd a v súčasnosti sa pristupuje k revitalizácii a renaturácii tokov. Preto na oddelení existuje aj odbor (služba) minimálnych prietokov, ktorá podporuje výkon ochrany vôd pri povoľovaní odberov z tečúcich vôd a stavbe vodných elektrární. Zasadzuje sa za to, aby odbery sa nepovoľovali bez zaručenia dostatočného minimálneho prietoku a už existujúce koncesie sa pri ich obnovovaní prehodnotili (www.umwelt-schweiz.ch/buwal/php). Konkrétny výkon opatrení a používané metodiky sa môžu v jednotlivých kantónoch líšiť a v konečnom dôsledku sú podkladom pre vodoprávne konanie. Do riešenia problematiky sa aktívne zapojili aj prevádzkovatelia vodných diel, profesijné zväzy a nimi sponzorovaný výskum.

V princípe sa dá povedať, že už vyše desať rokov sa presadzujú hydroekologické princípy pri určovaní minimálnych prietokov. Už roku 1989 vydal BUWAL príručku Odbery vôd z tokov: hydroekologické požiadavky na minimálne prietoky. Pre stanovenie minimálneho prietoku sa navrhujú dva stupne. Prvý stupeň má predpisovať zákon a podľa jeho požiadaviek určený minimálny prietok má zaručiť minimálne existenčné podmienky pre flóru a faunu závislú na vode. Okrem toho majú kantóny určovať také množstvo vody v toku, ktoré v primeranej miere zohľadní všetky záujmy voči toku. Uvedená príručka obsahuje výsledky výskumov a návody, ako pristupovať od prípadu k prípadu k určovaniu minimálneho prietoku v druhom stupni. Obsahuje aj nasledovné orientačné smerné hodnoty minimálnych prietokov. Prietok, ktorý má v priemere v roku najčastejší výskyt, sa považuje z ekologického hľadiska za zvlášť významný a nemal by sa podkračovať, preto sa navrhuje obmedziť maximálne využiteľné množstvo vody, pričom by mal v toku v priebehu roka zostať aj dostatočný podiel vyšších prietokov. Za minimálny prietok na horských tokoch sa v tomto zmysle navrhuje hodnota Q_{300} , za maximálne využiteľné množstvo vrátane minimálneho prietoku sa navrhuje asi Q_{100} až Q_{80} . Ak je to technicky možné, požaduje sa docieľiť aj periodické zvyšovanie prietokov. Kontinuita toku musí zostať zachovaná. Detaily pozri v BUWAL (1989).

Prijatie nového zákona na ochranu vôd v roku 1991 sa dotklo aj spôsobov určovania minimálnych prietokov, pričom sa požaduje aj sanácia starých opustených korýt v tých v prípadoch, keď ešte istý čas platí doterajšie vodoprávne rozhodnutie. Pre určovanie minimálneho prietoku bolo na celoštátnej úrovni v roku vypracované usmernenie BUWAL (2000), ktoré vytvára všeobecný rámec ako a podľa ktorých zákonov postupovať pre rôzne typické schémy odberov z korýt tokov. Hlavným cieľom každého riešenia podľa uvedeného usmernenia nie je nájdenie hodnoty minimálneho prietoku, ale zabezpečenie biodiverzity fauny a flóry závislej na vode, udržanie domácich druhov rýb a zabezpečenie ich rozmnožovania a udržanie bohatosti výzoru krajiny. Určenie minimálneho prietoku sa má robiť pri zohľadňovaní aspoň menovite uvedených záujmov príslušným úradom. Aby nedošlo k prílišnému využívaniu vodných zdrojov, je predpísaná aj hodnota nepodkročiteľného prietoku.

Odbery sa v princípe delia na:

- 1) odbery pre pitnú vodu (z podzemného zdroja alebo prameňa),
- 2) malé odbery z tokov,
- 3) väčšie odbery z tokov.

V prvej skupine sa povoľujú odbery, ak sú v priemere za rok menšie ako 80 l/s z prameňa a 100 l/s z podzemného zdroja.

Za malé odbery z tokov sa považujú také, ktorých vplyv sa udrží v rámci prirodzeného kolísania prietokov. V týchto prípadoch sa nepredpisuje minimálny prietok,

ale maximálny odber, ktorý má byť celkovo maximálne 20 percent z hodnoty Q_{347} a jednotlivito menej ako 1000 l/s.

Väčšie odbery musia dodržať ustanovenia o určovaní nepodkročiteľného minimálneho prietoku (mal by celoročne v koryte tiecť). Tento sa počíta podľa vzťahov uvedených v zákone, následne sa posudzujú minimálne hĺbky potrebné pre migráciu rýb a posudzuje sa, či sa bude dať dodržať predpísaná kvalita vody. Táto hodnota sa potom príslušným úradom zvyšuje v rámci vodoprávneho konania pri zvažovaní jednotlivých záujmov. Pre väčšie odbery musí pritom záujemca o vodu pripraviť správcu o minimálnom prietoku, ktorá má obsahovať argumenty a údaje za a proti zámeru odoberať vodu, detailnosť správy má byť úmerná očakávaným vplyvom odberu. BUWAL pre kantón Bern vydal aj príručku detailnejšie pojednávajúcu o odberoch pre závlahy BUWAL (1997).

8.4. Niektoré metódy určovania MZP vo Veľkej Británii a v USA

Najväčší pokrok v pertraktovanej problematike bol zaznamenaný v USA a vo Veľkej Británii. V ďalšom uvádzame niekoľko metód, ktoré by mohli byť inšpiratívne aj v našich prírodných podmienkach.

8.4.1. Nástroj na predbežné určovanie ekologického prietoku v nemeraných profiloch vo Veľkej Británii - Systém Low Flows 2000

Vo Veľkej Británii, v Centre for Ecology and Hydrology, Wallingford, vyvinuli systém Low Flows 2000

<http://www.nwl.ac.uk/ih/www/products/Lowflow/LF2KSited.htm>) ako rozhodovací nástroj, vytvorený na predbežné určovanie prietokov v nemeraných profiloch, ako aj pomôcku pre rozvoj povodia a regionálnych vodných zdrojov.

Systém pozostáva z mapového rozhrania s príslušnou univerzálnou databázou a modulom na predbežný odhad minimálnych prietokov. Systém umožňuje odvodenie predbežných odhadov prirodzených prietokov pre všetky rieky na území Veľkej Británie a taktiež dopad umelých vplyvov na modelované prietokové režimy.

Užívateľské prostredie Low Flows 2000 využíva operačný systém Windows, ktorý umožňuje používanie ESRI MapObjects. Systém spracováva širokú škálu priestorových dátových súborov spracovaných v GIS (Geografický informačný systém). Základom Low Flows 2000 je univerzálny databázový model. Komplikované dátové štruktúry môžu byť ľahko definované databázovým modelom, s ktorým je možno pracovať a zobrazovať užívateľskou grafickou nadstavbou.

8.4.2. Postup pre hospodárenie s vodou v povodí využitím hodnoty minimálneho prietoku a minimálnej hĺbky vody v toku podľa - St. Johns River Water Management District

V St. Johns River Water Management District v USA vyvinuli metódu, ktorá využíva prístup minimálnych prietokov a hladín (Minimum flows and levels - MFL) na definovanie dlhodobého hydrologického režimu potrebného ako prevenciu proti vážnym poškodeniam vodných zdrojov (<http://sjr.state.fl.us>). Prijatím (MFL) bolo možné určiť povolenia k využívaniu environmentálnych zdrojov, spotrebu vody a ďalších programov okresu. Dôležité údaje a harmonogram pre zavádzanie MFL je predkladaný ročne do Florida Department of Environmental Protection (Floridský úrad pre environmentálnu prevenciu) a je vyžadovaný zo zákona. Cieľom programu minimálnych prietokov a hladín je zavedenie „ekologicky orientovaných minimálnych prietokov a hladín, ktoré budú implementované v okresnom plánovaní vodovodov, vydávaní povolení k využívaniu vodných zdrojov a ochrane povrchových vôd proti závažným poškodeniam spôsobených odbermi

8.4.3. Postup pre hospodárenie s vodou v povodí využitím hodnoty minimálneho prietoku a minimálnej hĺbky vody v toku podľa - Southwest Florida Water Management District

Na Floride, voda ako verejný zdroj prináleží každému. Southwest Florida Water Management District (www.swfwmd.state.fl.us/about/isspapers/mfl.html) má štatutárne poverenie na vydávanie povolení k odberu vody z povrchových, alebo podpovrchových vodných zdrojov. Povolenie je vystavené na využívanie verejných vodných zdrojov na limitovaný čas pri špecifických podmienkach. Pre vystavenie povolenia musí žiadateľ preukázať tri štatutárne kritériá:

- 1) užívanie je zmysluplné,
- 2) je vo verejnom záujme a
- 3) nemá dopad na legálnych užívateľov.

Ako pomoc pre stanovenie množstva vody, ktorá je k dispozícii pre ľudskú potrebu z čiastočných zdrojov, určuje Water Management District minimálny prietok a výšku hladiny (minimum flow or level - MFL). MFL je limit ktorého prekročenie a ďalšie vodné odbery môžu spôsobiť podstatné škody vodných zdrojov v danej oblasti a príslušného životného prostredia. Minimálne prietoky sú určené pre rieky a potoky, a minimálne hladiny sú určené pre jazerá a ostatné vodné plochy. Tieto, ako aj iné informácie na určenie čiastočných a zamýšľaných odberov, sa využívajú pri určovaní množstva vody, ktoré je odberateľom povolené odoberať z vodného zdroja. Keď rieky, alebo potoky podkročia ich minimálne prietoky, môže byť ich aquatický život (rastlín a živočíchov) v danom ekosystéme vážne poškodený.

8.4.4. Posúdenie možných prístupov pre odbery vody v malých povodiach

Young and Hayes (2002) z Cawthron Institute v prípadovej štúdii na Rainy River na Novom Zélande vyvíjali jednoduché nástroje na pomoc pri riadení vodného hospodárstva malých vodných tokov. Porovnávali rýchlu hydraulickú metódu so sofistikovanejšou prírastkovou metodikou prúdenia toku (instream flow incremental methodology – IFIM), ktorá je založená na sledovaní prietokov a vyskytujúceho sa habitatu. V tejto metóde sa pozornosť zameriava na ekologické hodnoty a ich vzťah k množstvu vody a minimálnym prietokom.

Počas pozorovaní na Rainy River sa zistilo, že pri výskyte hnedého pstruha pri minimálnych prietokoch sú zabezpečené podmienky aj pre život ostatných vyskytujúcich sa rýb a živočíchov. Dohodlo sa preto, že hlavným cieľom hospodárenia v toku by malo

byť udržiavanie dostatočného habitatu hnedého pstruha, najmä počas období minimálnych prietokov, a hĺbka a rýchlosť toku by mali byť určované ako kritické parametre na kontrolu kvality ročného pstruha.

8.5. Prehľad ďalších metód určovania EF (EFA – Environmental flow Assessment) po roku 2002.

Súborný prehľad poskytol *Tharme, R. E. (2003). King, J. M., Tharme R. E., de Villiers, M. S. (2008)* vydávajú rozsiahlu monografiu – manuál metód určovania EF.

Poskytuje prehľad metód pre určenie EF (environmental flow) MZP¹². Popisuje 207 metód, ktoré sa vyvinuli, alebo použili v 44 krajinách sveta a v 6 svetových regiónoch. Tieto metódy rozdeľuje na:

- 1) hydrologické,
- 2) hydraulické,
- 3) simulujúce habitat
- 4) kombinované metódy
- 5) holistické metódy (teda také, ktoré berú v úvahu všetky vlastnosti daného systému a procesu)
- 6) tie, ktoré môžeme označiť ako iné.

Hoci historicky v oblasti metodológie EF majú popredné postavenie USA, iniciatívy aj v ostatných častiach sveta v súčasnosti posúvajú vývoj. Súčasné prúdy vo svete vo vývoji environmentálneho prietoku sú založené na napozorovaných hydrologických

¹² Autor označuje ako environmentálny prietok, my sme zostali pri pomenovaní minimálny zostatkový prietok (ten má zabezpečiť environmentálny komfort, pokladáme to teda za ekvivalentné pojmy)

dátach hydrologických metódach – (modifikovaná metóda Tennantova¹³, alebo sú zvolené rôzne charakteristiky malej vodnosti), napriek tomu sa kladie vždy veľký dôraz na ekologické metódy a technickú aplikovateľnosť ekologického prietoku vo všetkých regiónoch sveta.

V rozvojových krajinách najmä severnej pologule väčšiu mieru presnosti, viac komplexnosti poskytujú metódy komplexného hydrodynamického modelovania habitatu (metóda IFIM).

Ustanovenie holistických metód ako 8% zo všetkých metód použitých v poslednej dekáde sú označované ako alternatívne cesty, ktorými napreduje vývoj EF (MZP). Takéto metódy sú založené na scenári, do ktorého vstupujú požiadavky ekosystému celého okolia rieky, ktorý je založený na explicitnom spojení medzi režimom rieky a dôsledkami na environment a biotu. Holistické metódy sú špeciálne vhodné v rozvojových krajinách

¹³ Tennantova metóda ešte v sedemdesiatych rokoch na základe fyzikálnych, chemických a biologických analýz 38 riek a 58 profilov zahŕňajúcich teplovodné aj studené vodné regióny na území USA ukázala, že stav životného prostredia pre biotu v toku je závislý na pomere prietoku k priemernému prietoku rieky. Rieky na ktorých je prietok v rovnakom pomere k priemeru majú veľmi podobný ekologický stav. Tieto závery boli ešte potvrdené a dokázané na stovkách riek v USGS v širokom diapazóne režimov a typov riek za uplynulých 17 rokov. Závery metódy sú také, že 10% priemerného prietoku zabezpečí na krátky čas minimálne podmienky pre väčšinu bioty v toku, 30% priemerného ročného prietoku zabezpečí dobré životné podmienky pre biotu v toku a 60% zabezpečí vynikajúce životné podmienky pre biotu v toku.

Vysvetlivky k OBR. 8. 5. 1.

Number of methodologies – počet metód

Methodology type – typ metódy

Other – iné metódy

Holistic – holistické metódy

Hydraulic – hydraulické metódy

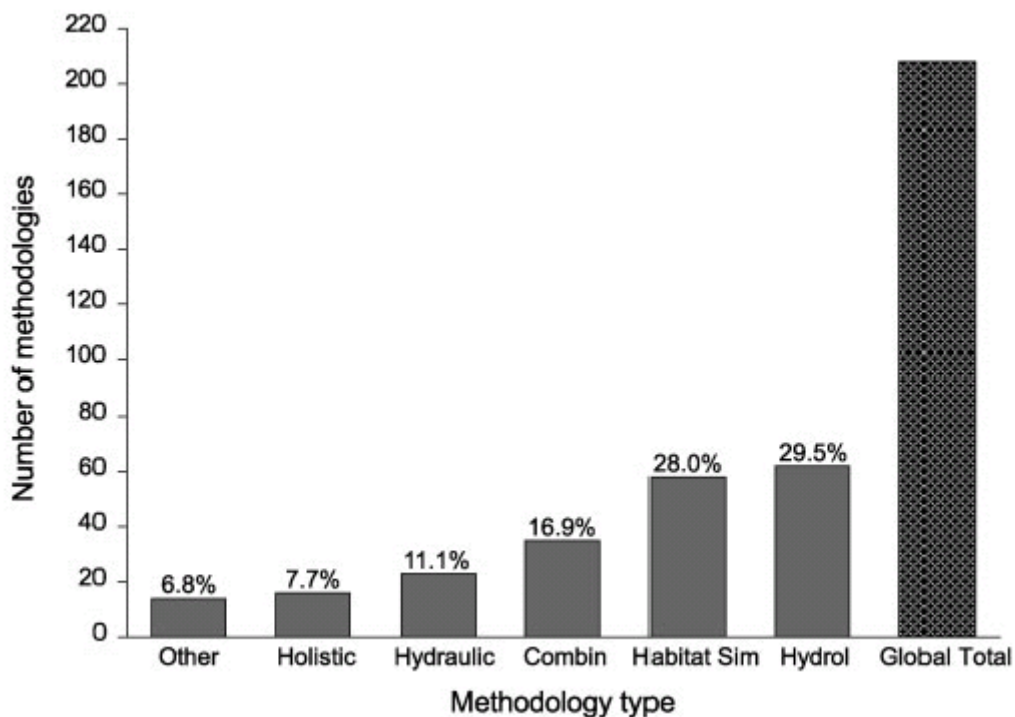
Combin – kombinované metódy

Habitat Sim – metódy simulujúce habitat

Hydrol – hydrologické metódy

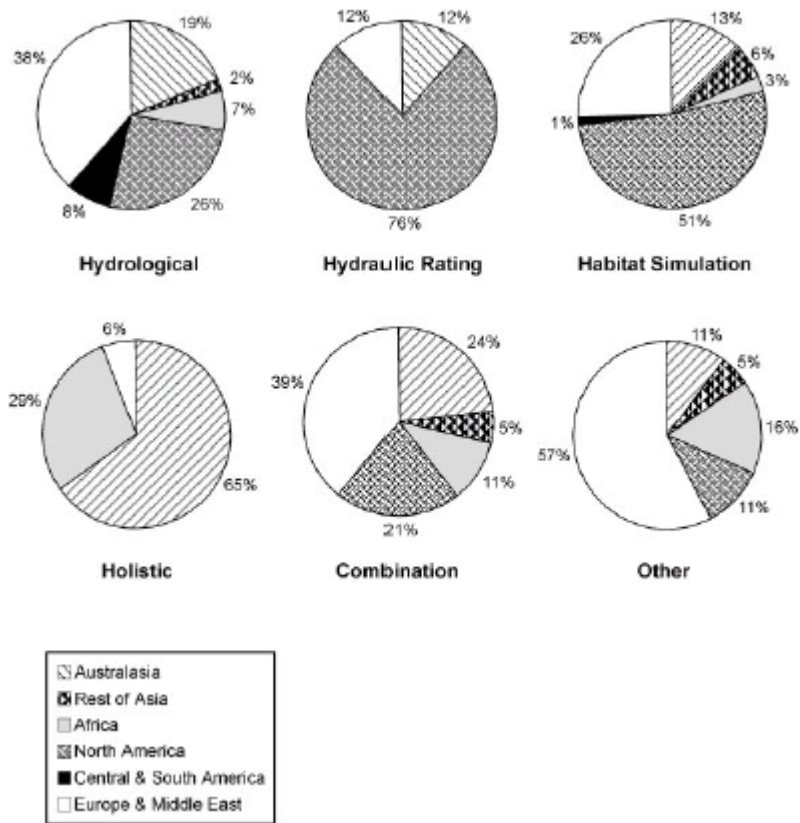
Global total – spolu použité metódy

kde vodné systémy musia byť chránené napriek neexistujúcim dátam na základe profesionálnych odhadov a rizikovej analýzy.



OBR. 8.5.1. Počet metód pre určenie environmentálneho prietoku rôznych typov používaných vo svete a ich relatívne zastúpenie podľa Tharmeho.

Z obrázku je zrejmé, že prevažujú metódy založené na znalosti hydrologického režimu tokov, ďalej nasledujú simulácie habitatu a kombinované metódy.

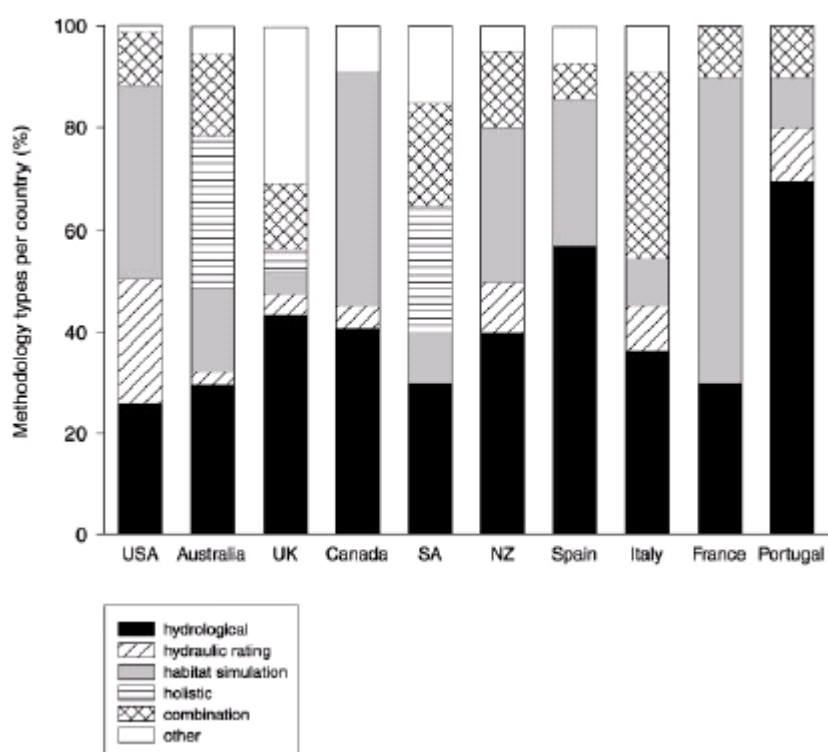


OBR. 8.5.2. Počet metód pre určenie environmentálneho prietoku rôznych typov používaných vo svete a ich relatívne zastúpenie v jednotlivých oblastiach sveta podľa Tharma.

Vysvetlivky k OBR. 8. 5. 2

Detto ako OBR. 8. 5. 1

V Európe prevažujú taktiež hydrologické a habitat simulujúce metódy. V Austrálii a Afrike, kde je nedostatok hydrologických pozorovaní sa uplatňujú holistické metódy.



OBR. 8.5.3. Počet metód pre určenie environmentálneho prietoku rôznych typov používaných v rôznych krajinách sveta podľa Thameho.

TAB. 8.5.1. Počet používaných metód určovania EF (z celkového počtu vyvinutých) pre desať krajín.

Country	No. EFMs (% of GT 207)	Total no. types (max 6)	No. Hydro (% of GT 61)	No. Hydraulic (% of GT 23)	No. Habitat Sim (% of GT 16)	No. Holistic (% of GT 58)	No. Combin (% of GT 14)	No. Other (% of GT 35)
USA	77 (37%)	5	20 (33%)	19 (83%)	29 (50%)	—	8 (23%)	1 (7%)
Australia	37 (18%)	6	11 (18%)	1 (4%)	6 (10%)	11 (69%)	6 (17%)	2 (14%)
UK	23 (11%)	6	10 (16%)	1 (4%)	1 (2%)	1 (6%)	3 (9%)	7 (50%)
Canada	22 (11%)	4	9 (15%)	1 (4%)	10 (17%)	—	—	2 (14%)
South Africa	20 (10%)	5	6 (10%)	—	2 (3%)	5 (31%)	4 (11%)	3 (21%)
New Zealand	20 (10%)	5	8 (13%)	2 (9%)	6 (10%)	—	3 (9%)	1 (7%)
Spain	14 (7%)	4	8 (13%)	—	4 (7%)	—	1 (3%)	1 (7%)
Italy	11 (5%)	5	4 (7%)	1 (4%)	1 (2%)	—	4 (11%)	1 (7%)
France	10 (5%)	3	3 (5%)	—	6 (10%)	—	1 (3%)	—
Portugal	10 (5%)	4	7 (11%)	1 (4%)	1 (2%)	—	1 (3%)	—

TAB. 8.5.1. ukazuje vo vybratých krajinách počet použitých metód na určenie environmentálneho prietoku (Environmental Flows Method – EFM) s celkového počtu Global Total – 207 v jednotlivých krajinách. Uvádza celkový počet metód (maximálne 6 – hydrologické, simulujúce habitat, kombinované, hydraulické, holistické a iné).

Vysvetlivky k TAB. 8. 5. 1.

Country

No. EFMs (%f GT 207) – počet metód určenia environmentálneho prietoku v tej ktorej krajine vyjadrené aj percentom z celkového počtu.

Total no. Types – počet typov metód použitých v tej ktorej krajine

8.5.1. Prehľad použitých metód v 44 krajinách¹⁴

8.5.1.1. **PREHĽAD JE PREBRATÝ Z THARME, R. E. (2003).**

8.5.1.2. **AUSTRÁLIA**

Hydrologické metódy

Tennant Method; Q95, FDC analysis & various percentiles (incl. Ecological & geomorphological data); Various percentages of pre-regulation MAR (e.g. 22%, 10%); Texas Method, Orth & Leonard Regionalization Method; R_Q Index of Disturbance; Q₈₀ (of unregulated mean daily flow regime); Flow Translucency Approach; Modified Hoppe & Finnell Method (coupled with FDC analysis); VHI; RVA

Hydraulické ohodnotenie

Wetted Perimeter Method

Simulácia habitatu

IFIM; RHYHABSIM; MTA; Physical habitat Analysis; Fish Habitat Analysis; Habitat Duration Analysis (median or other percentile of habitat condition)

Holistické metódy

(incl. Use of ADVICE Hydrological Program, RHYHABSIM, multivariate index of environmental effectiveness; IFIM-based analyses); BBM; EPAM; SPAM (incl. Use of IQQM); Snowy Inquiry Methodology; Habitat Analysis Method (incl. TAP & IQQM); WAMP Expert Panel Method (incl. IQQM); Benchmarking Methodology (incl. IQQM, typically in association with Queensland WAMP, for water Resource Plans); FLOWRESM (incl. IQQM); Flow Events Method; Local FLOWRESM-type approaches for river restoration; DRIFT (specialist development and input overseas, but not applied locally)

Kombinované metódy

Studies of threshold components of flow regime; DRW case-specific holistic-based approaches (minimising deviation of flow regime from natural); Thomson River fish habitat-Flow Approach; Wimmera River Habitat-based Approach (primarily fish habitat, incl. Water quality & experimental flow release); Hall Fish Habitat Approach; Physical Biotopes approaches

Iné metódy

PJ; Means of recommended Qs derived from multiple methodologies

¹⁴ Odkaz na popis metodiky nájdeme v *Tharme, R. E. (2003)*

8.5.1.3. RAKÚSKO

Hydrologické metódy

VHI

Simulácia habitatu

Quantitative fish habitat modelling (unspecified); IFIM?

Kombinované metódy

Holistic framework combining expert opinion, various criteria (unspecified), a 7-point naturalness scale & elements of IFIM/PHABSIM

8.5.1.4. BELGICKO

Hydrologické metódy

VHI?

Kombinované metódy

Hydrograph Reconstruction Approach (Meuse River, shared with Netherlands & France)

8.5.1.5. BRAZÍLIA

Hydrologické metódy

50% or 70% of $7Q_{10}$ (reference flow); 10% of Q_{90} (regulated flow); 5-20% of Q_{90} (reference flow)

Simulácia habitatu

IFIM

Kombinované metódy

Ecohydrological modelling

8.5.1.6. BULHARSKO

Hydrologické metódy

Q_{95} (based on Mean Monthly Q)

Kombinované metódy

Correlations between Q_{95} , four groups of physico-chemical & one group of biotic indices

8.5.1.7. KAMBODŽA

Holistické metódy

Holistic methodologies

Kombinované metódy

Habitat-based hydrological modelling linked to fish populations (incl. SLURP)

Model, satellite remote sensing, for lower Mekong Basin countries)

8.5.1.8. KAMERUN

Kombinované metódy

Managed Flood Releases Approach (incl. Socio-economic links)

8.5.1.9. KANADA

Hydrologické metódy

Tennant Method; Tessman Modification of Tennant Method; Two-level Seasonal Modified Tennant Method (with PJ); 25% MAF; $7Q_{10}$; Median Monthly Flow; (New England) ABF Method; Q_{90} ; RVA

Hydraulické ohodnotenie

Wetted Perimeter Method

Simulácia habitatu

IFIM (primarily PHABSIM); Fish Rule Curve Method (incl. PHABSIM/habitat time series, BSPs, HDCs); River2D Model (incl. Sediment transport module); 2D/3D hydrodynamic modelling; EVHA; RHABSIM; RSS (HABITAT Model); HABIOSIM; Newcombe's Methodology; WSP Hydraulic Model (with PJ)

Iné metódy

PJ; Correlations og fish year class to spawning flow

8.5.1.10. ČILE

Hydrologické metódy

10% MAF or Mean Monthly Flow

Simulácia habitatu

PHABSIM component of IFIM

Holistické metódy

BBM

8.5.1.11. ČESKO

Hydrologické metódy

Q_{355} or Q_{364} (where $Q_{355}=0$, present-day hydrology); VHI

Simulácia habitatu

IFIM (incl. 2-D/3-D hydrodynamic modelling); hydraulic habitat modelling

8.5.1.12. DÁNSKO

Hydrologické metódy

MEDIAN OF Annual Minima (Median Q_{\min} ; or a proportion thereof, depending on river value); Low flow indices from FDC analysis (unspecified); Flow indices from frequency analyses (unspecified)

8.5.1.13. FÍNSKO

Simulácia habitatu

EVHA; PHABSIM (incl. HSI curves, primarily for fish habitat restoration)

Iné metódy

PJ; Direct use of GIS-based studies of physical habitat for fish/invertebrate species

8.5.1.14. FRANCÚZSKO

Hydrologické metódy

1/40th of annual mean flow (i.e. 2.5% MAF, existing WRDs); 1/10th of annual mean flow (i.e. 10% MAF, over minimum 5-year period, new/renewed WRDs); 20% MAF äfor MAF > 80 m³s⁻¹)

Simulácia habitatu

EVHA; IFIM (or 'microhabitat' methodology); Linked statistical hydraulic & multivariate habitat use models; ENSA Toulouse Method; Fish population modelling withtn an IFIM-type framework; Continuous Over (Under) Threshold Procedure (incl. habitat duration & spell analyses); CASIMIR

Kombinované metódy

GIS-based AGIRE (multipurpose, incl. habitat simulation)

8.5.1.15. NEMECKO

Hydrologické metódy

MEAN Q_{\min} or a fraction thereof (with case-specific PJ); MQ; MNQ; Q_{347}

Simulácia habitatu

CASIMIR (benthic shear stress, fish habitat & riparian zone models); FST-hemisphere-Benthos hydraulic modelling; IFIM?

Iné metódy

PJ

8.5.1.16. MAĎARSKO

Simulácia habitatu

Hydraulic habitat simulation modelling (EFMs from Netherlands)

8.5.1.17. INDIA

Holistické metódy

Holistic approaches

8.5.1.18. INDONÉZIA

Simulácia habitatu

IFIM (primarily PHABSIM)

8.5.1.19. TALIANSKO

Hydrologické metódy

Regression-based regionalization of 7Q10 (based on basin area & BFI); 7Q10 (or $Q_{7,10}$); Q_{347} ; Regionalization of % AAFs from Tennant Method; Regionalization of Q_{95} values, based on geology & catchment area; Orth & Leonard Regionalization Method

Hydraulické ohodnotenie

Hydraulic-based methodologies (unspecified); Wetted Perimeter Method

Simulácia habitatu

IFIM (primarily PHABSIM, incl. locally developed HIS curves)

Holistické metódy

Holistic methodologies (e.g. BBM/DRIFT or similar)

Kombinované metódy

BENHFOR Procedure; Po River Basin Method (links between VHI, catchment variables & water quality); Modified HQI Method; MORIMOR-HAFIMO Integrated Model; Singh Regionalization Method

Iné metódy

Direct use of hydrology, water quality data & various biotic indices; Studies relating fisheries data to environmental variables

8.5.1.20. JAPONSKO

Hydraulické ohodnotenie

OCFR (0.1-0.3 cm per 100 km²); NPF (approx. 10 x OCFR value per 100 km²)

Simulácia habitatu

IFIM (primarily PHABSIM, incl. 1-D/2-D/3-D hydraulic modelling, use of multivariate HIS criteria, habitat time series & duration analyses); PHABSIM-based local physical habitat simulation tools; RHABSIM

Holistické metódy

Holistic methodologies (e.g. BBM)

Kombinované metódy

NPFs calculated using various approaches (unspecified)

8.5.1.21. KEŇA

Kombinované metódy

Managed Flood Releases Approach (incl. socio-economic links, hydrological modelling)

8.5.1.22. KOREA

Simulácia habitatu

IFIM

8.5.1.23. LESOTHO

Holistické metódy

DRIFT (incl. socio-economic links)

8.5.1.24. MALI

Kombinované metódy

Managed Flood Releases Approach (incl. socio-economic links)

8.5.1.25. MAURITÁNIA

Kombinované metódy

Managed Flood Releases Approach (incl. socio-economic links)

8.5.1.26. MEXIKO

Simulácia habitatu

IFIM

8.5.1.27. MOLDÁVSKO

Simulácia habitatu

Hydraulic habitat simulation modelling (EFMs from Netherlands)

8.5.1.28. MOZAMBIK

Holistické metódy

Holistic approaches (e.g. DRIFT/BBM or similar)

Kombinované metódy

Managed Flood Releases Approach (incl. RVA analysis, multiple-scale ecological analyses, socio-economic links)

8.5.1.29. NAMÍBIA

Holistické metódy

Holistic methodologies

Kombinované metódy

Managed releases approach (unspecified)

Iné metódy

PJ

8.5.1.30. HOLANDSKO

Hydrologické metódy

VHI (use of PAWN Hydrological Model/other methods)

Simulácia habitatu

Integrated GIS-based habitat simulation model (incl. Species HSI models, hydraulic & geomorphological simulation, & water quality-Q elements); CASIMIR (river floodplain restoration, incl. Delft3D 2-D hydro- & morphodynamic modelling); Microhabitat simulation models for large rivers (unspecified); IFIM?

Kombinované metódy

HEP-based framework (ecotope classification of aquatic systems, ECLAS; species potential carrying capacity model, MORRES; species HSI models; policy & alternatives analysis model, AMOEBA)

8.5.1.31. NOVÝ ZÉLAND

Hydrologické metódy

Modified Tennant Method; 10% AAF; 30% AAF; 30% mean Monthly Flow; Orth & Leonard Regionalization Method; 30-75% of 1 in 5 year low flow; Q_{96} ; VHI (using historic, natural flows)

Hydraulické ohodnotenie

Empirical Discharge-Water Surface Area (as habitat) Approach; Hydraulic Geometry-Discharge Relationships; Wetted Perimeter Method?

Simulácia habitatu

RHYHABSIM (recent features addressed incl. sediment flushing, temperature, flow variability); IFIM (incl. local development of HSI curves); IFIM-type habitat simulation using MWD RIVERS Program; Habitat methods (unspecified); Food-producing Habitat Retention Approach; 20% Food-producing WUA Approach

Kombinované metódy

Holistic-type approach; Fish Habitat-based Regionalization Models; Various (river-specific) flow event-based approaches

Iné metódy

PJ

8.5.1.32. NIGÉRIA

Kombinované metódy

Managed Flood Releases Approach (incl. hydrological modelling, socio-economics links)

8.5.1.33. NÓRSKO

Hydrologické metódy

Simple hydrological formulae (unspecified, desktop)

Simulácia habitatu

RSS (a habitat modelling framework, incl. BioRivI & II macrohabitat & temperature models, HABITAT Model & Bioenergetic Model with links to 1-D/2-D/3-D hydraulic models. incl. HEC-2. ENMAG Reservoir Operation & Hydropower Production Model, HBV Rainfall - runoff Model & Param Time Series Analysis Model); RIMOS (RSS recursor); IFIM (WUA); CASIMIR

Iné metódy

Expert method for minimum flows; PJ

8.5.1.34. PAKISTAN

Kombinované metódy

Managed Flood Releases Approach (incl. sediment flushing & socio - economic links)

8.5.1.35. PORTUGALSKO

Hydrologické metódy

2.5% to 5% MAF (i.e. „Portuguese criterion“ , based preferentially on natural flow regime); Tennant Method; Ecotype-based Modified Tennant Method; Texas Method; New England ABF Method; Basic Flow Method

Hydraulické ohodnotenie

Wetted Perimeter Method

Simulácia habitatu

IFIM

Holistické metódy

DRIFT / BBM or similar

Kombinované metódy

River Enxoé Approach (temporary rivers); Physical Biotopes / Flow Types approach

8.5.1.36. PUERTO RICO

Simulácia habitatu

IFIM

8.5.1.37. RUSKO

Kombinované metódy

Delft Hydraulics Framework Analysis (incl. use of HEP, HSI & water quality data in scenario-based habitat modelling)

8.5.1.38. SENEGAL

Kombinované metódy

Managed Flood Releases Approach (incl. Socio - economic links)

8.5.1.39. SLOVINSKO

Hydrologické metódy

Hydrological methods (unspecified)

Kombinované metódy

Ecological methods (unspecified)

8.5.1.40. JUŽNÁ AFRIKA

Hydrologické metódy

Desktop Estimate; Rapid (Reserve) Determination; FDC percentiles; RVA(primarily IHA, indices for sem-arid regions); VHI; BWE; Ecotype-based Modified Tennant Method

Simulácia habitatu

IFIM; MTA; 2-D/3-D hydrodynamic modelling; Biotope level modelling

Holistické metódy

BBM (incl. CRD framework, IFR Operating Rule Model, WRYM, FSR Method); Abbreviated BBM (incl. IRD framework, FSR Method); DRIFT (incl. framework for CRD); Environmental Flow Management Plan Method; Adapted BBM – DRIFT (assistance in development, but not applied locally); Benchmarking Methodology; FLOWRESM; Combined BBM / DRIFT

Kombinované metódy

Managed Flood Releases Approach (incl. Socio - economic links); Physical Biotopes/Flow Types approaches; Ecohydrological Models; KNP Consumptive/Non-Consumptive Approach

Iné metódy

River Conservation system (expert system); Direct use of hydrological & water quality data with various biotic indices; s PJ; Abiotic-Biotic Links Model

8.5.1.41. ŠPANIELSKO

Hydrologické metódy

10% MAF; 50 litres s⁻¹ or ^{34,46} one of three other hydrological formulae based on Q₃₄₇; Basic Flow Method (Q_b range: 5 - 50% MAF); Texas Method ; Modified Tennant Method ; 33-46 % MAF; VHI

Simulácia habitatu

IFIM; Cubillo Method; Fleckinger Approach; Integration of IFIM/PHABSIM with habitat quality classification (fisheries biomass) using multivariate statistical models

Kombinované metódy

Basque Method; Combination of IFIM & elements of holistic methodologies

Iné metódy

Multivariate biomass models

8.5.1.42. SRÍ LANKA

Holistické metódy

Holistic methodologies

Kombinované metódy

Managed Flood Releases Approach (incl. sediment flushing, disease vector control & socio-economic links)

Iné metódy

PJ

8.5.1.43. SVAZIJSKO

Holistické metódy

BBM (incl. social & economic links)

8.5.1.44. ŠVÉDSKO

Hydrologické metódy

VHI?

Simulácia habitatu

RSS

8.5.1.45. ŠVAJČIARSKO

Hydrologické metódy

Minimum Q of 50 litres s⁻¹ or Q₃₄₇ (with minimum depth=0.20m for ≥ 50litres s⁻¹); VHI

Simulácia habitatu

8.5.1.46. KAŠMIR

Kombinované metódy

Combination of IFIM-type models with elements of holistic methodologies (incl. floodplain ecological data)

Iné metódy

PJ; Dilution Ratio-based Method (unspecified)

8.5.1.47. THAJVAN

Hydrologické metódy

Q₉₅

Simulácia habitatu

PHABSIM component of IFIM

Holistické metódy

Holistic methodologies (BBM & DRIFT)

8.5.1.48. TANZÁNIA

Holistické metódy

Holistic methodologies (incl. Socio - economic analysis)

8.5.1.49. TURECKO

Kombinované metódy

Scenario - based analysis (incl. SLURP Hydrological Model & PJ)

8.5.1.50. UKRAJINA

Kombinované metódy

Delft Hydraulics Framework Analysis (incl. HEP, HSI, water quality, habitat modelling)

8.5.1.51. SPOJENÉ KRÁĽOVSTVO VEĽKEJ BRITÁNIE A ÍRSKA

Hydrologické metódy

Q₉₅ (DWF, or proportion or multiple thereof e.g. 1.0 x DWF for sensitive rivers or 0.5xDWF for least sensitive rivers, calculated using MICRO LOW FLOW/other programs; Q₉₈ (for less sensitive rivers, versus Q₉₅); Q₉₀; MAM (7) (DWF, or proportion thereof, MICRO LOW FLOW / other programs); Q₃₄₇ (considered equivalent to Q₉₅); Welsh Water Authority Procedure (based on Q₉₅); NGPRP Method; Orth & Leonard

Regionalization Method; Flow Recession Approach; VHI (notably low flow statistics); Ecotype-based Modified Tennant Method; Hoppe & Finnell Method; Texas Method (on ecotype basis); Regionalization of seasonal FDCs for river ecotypes; RWA (for England, & particularly Scotland, with modifications)

Hydraulické ohodnotenie

Wetted Bed Area-Flow Method; R-2 Cross Method (for Wales & Scotland, particularly)

Simulácia habitatu

IFIM (incl. habitat-biomass / population relationships, mesohabitat / biotope HSI curves & modelling); CASIMIR; Linked statistical hydraulic & multivariate habitat use models

Holistické metódy

River Babingley (Wissey) Method (incl. various eco-hydrological models / methods to determine benchmark flows for EAFR, e.g. PHABSIM & FDC analyses); Holistic Approach; BBM; EPAM

Kombinované metódy

Physical Biotopes / Functional Habitats approaches; Expert panel studies (unspecified); DSHHP Method (associated with SWALP); holistic elements based on natural flow regime; Combination of IFIM/PHABSIM analyses for target species with holistic elements; Basque Method; IFIM in association with other flow regime elements; Regionalization methods based on habitat modelling

Iné metódy

PJ; RIVPACS (incl. additional development, e.g. flow- related variables & species responses); Habitat Attribute - BMWP Model; LIFE Method; SWK Method; Direct use of fisheries population data (incl. migration & spawning activities - Ireland); Fish Management Models; Jones & Peters Method; HABSCORE (with additional developments); Regional regression-based models (unspecified, with additional developments); Analysis of raw population data under alternative river management procedures

8.5.1.52. SPOJENÉ ŠTÁTY AMERICKÉ

Hydrologické metódy

Tennant Method (with regional adjustments for local hydrological regimes, inclusion of fish periodicity data, flow duration, QAM); Tessman Modification of Tennant Method; Bayha Modification of Tennant Method; 30% MAF; (New England) ABF Method (or Constant Yield Method); Refined ABF Method; $7Q_{10}$; Median Monthly Flow ; QAM; Texas Method; O´Shea Hydrological / Watershed Characteristics Method; FDC percentiles; RWA (primarily IHA, incl. relationships between indices & biotic responses); NGPRP / Q_{90} Method; September median Flow Method ;Orth & Leonard Regionalization Method; Robinson Method; Washington Base Flow Methodology; Hoppe & Finnell Method; VHI

Hydraulické ohodnotenie

Wetted Perimeter Method (with various % reductions in wetted perimeter); R - 2 Cross Method (primarily R - 2 Cross Hydraulic Model); USGS Toe - Width Method; Arkansas Method; Oregon Method; Vermont Fish–Flow Method; Standard Depth Approach; Curtis & Hooper Approach; Pearson et al. Approach; Hoppe Limiting Factor-Transect Approach; Hoppe´s 1975 Method; Collings´Methodology;USFS Region 2 / Critical Area Method; Rantz Regression Equation Method; Average Stream Width / One Flow Method; US Fisheries Service Personnel Region 4 Method; Colorado Method; Colorado Division of Wildlife Method; Simplified staff - gauge analysis (with various limiting habitat criteria)

Simulácia habitatu

IFIM (primarily PHABSIM, incl. 2D hydrodynamic modelling, 2D habitat metrics in Windows environment; habitat duration curves & time series); Integration of IFIM with population response (/ hydrologic/water quality) models; RHHABSIM; MTA; RCHARC; mesoHabsim

Model; CASIMIR; WSP Hydraulic Model (with PJ); HEC-2 Hydraulic Model (with PJ); AVDEPTH Hydraulic Model (with PJ); Resting Microhabitat Analysis; Subjective Cover Rating Method; Wesche ´s Cover Rating System; Bank et al. Approach; California Pit River Approach; White ´s Methodology (incl. WSP Hydraulic Model); Thompson ´s Methodology; Usable Width Method; Oregon UW Method; Weighted UW Method (incl. Average Velocity Analysis); Critical Area-Indicator Species Methodology (incl. Contour Hydraulic Model); Idaho Method; USFWS Method; WRRRI Cover Method; Washington Dept. Fisheries Method; USFS Region 6 (R-6) Method; USFS Region 4 Method; West Virginia Method; Connecticut River Basin Method; Waters ´Methodology

Kombinované metódy

Hill,Platts & Beschta Methodology; Experimental Flood Release Approach (e.g. Colorado River); Multiattribute Tradeoff Analysis; Energy Analysis; Singh Regionalization Method; HEP; Holistic elements based on natural flow regime (e.g. Missouri River „spring rise / split navigation season“ flow plan); HQI Method ; Restructuring of altered flow regimes

Iné metódy

PJ

8.5.1.53. ZAMBIA

Kombinované metódy

Managed Flood Releases Approach

8.5.1.54. ZIMBABWE

Holistické metódy

Adapted BBM-DRIFT

Iné metódy

PJ

Vysvetlivky ku použitým skratkám

1D/2D/3D- one/two or three-dimensional (hydrodynamic modelling); 7Q10 - the minimum average 7 - day (consecutive) flow expected to occur once every 10 years;

AAF - Average Annual Flow (MAF); ABF - Average Base Flow/Aquatic Base Flow;

BBM - Building Block Methodology; BENHFOR - Benthic Habitat For Optimum Flow Reckoning; BFI - Base Flow Index; BMWP - Biological Monitoring Working Party (score); BSP - Biologically Significant Period; BWE-Bulk Water Estimate;

CASIMIR - Computer Aided Simulation Model for Instream flow Requirements in regulated/diverted streams; CHNE- Confederation Hidrográfica del Norte España ; CRD - Comprehensive (Reserve) Determination; CWPR-Centre for Water Policy Research;

DNR-Department of Natural Resources; DRIFT- Downstream Response to Imposed Flow Transformations; DSHHP - Drake, Sheriff/Howard Humphreys & Partners; DWAF - Department of Water Affairs and Forestry; DWF - Dry Weather Flow; DWR - Department of Water Resources;

EAFR - Ecologically Acceptable Flow Regime; EFM - Environmental flow methodology; EFR- Environmental flow requirement; EVHA -Evaluation of Habitat Method; EPAM - Expert Panel Assessment Method;

FDC - Flow Duration Curve; FSR Method - Flow Stress or Response Method ; FST- Fließwasserstammtisch;

GIS - Geographical Information System; GDRS - T – General Directorate of Rural Services, Turkey;

HDC - Habitat Duration Curve; HEP - Habitat Evaluation Procedure; HIS - Habitat Suitability Index;

IHA - Indices of Hydrologic Alteration; IHP - Instream Habitat Program; IFIM - Instream Flow Incremental Methodology; IFR - Instream Flow Requirement; incl.- including; IQQM - Integrated Quantity Quality Model for hydrological modelling; IRD-Intermediate (Reserve) Determination; IWMI - International Water Management Institute;

KNP - Kruger National Park (South Africa); LIFE – Lotic - invertebrate Index for Flow Evaluation; MAF- Mean annual Flow (=AAF); MAM(7) - mean annual minimum 7 - day flow frequency statistic; MQ -Mean Discharge? (unspecified in source reference); MAR - Mean Annual Runoff (AAF); MNQ - Median Discharge? (unspecified in source reference); Mean Q_{min} – mean of annual 1- day minimum daily flows over the period of record; Median Q_{min} (or Median Minimum) = median of annual 1-day minimum daily flows over the period of record; MTA - Multiple Transect Analysis; MWD - Ministry of Works and Development;

NGPRP - Northern Great Plains Resource Program; NPF - Normality Preservation Flow; NRA -National River Authority;

OCFR - Obligated Conservation Flow Release; PAWN - Policy Analysis Water Management of the Netherlands; PHABSIM - Physical Habitat Simulation Model; PJ - (case specific) Professional judgement;

Q - discharge; Q_{90} , Q_{95} , Q_{50} , Q_n - discharge equalled or exceeded 90%, 95%, 50% (Median Monthly Flow), n% of the time, based on FDC analysis; Q_{347} or Q_{374d} (equivalent to Q_{95} ; Dunbar et al., 1998) and $Q_{355(d)}$, $Q_{364(d)}$, etc. – discharge equalled or exceeded for the specified number of days per year; QAM - Mean Monthly Flow;

RVA - Range of Variability Approach; refs. references; RHABSIM-Revering Habitat Simulation Program; RHYHABSIM - River Hydraulics and Habitat Simulation Program; RIMOS - River Modelling System; RSS - River System Simulator; RCHARC - Riverside Community Habitat Assessment and Restrain Concept; RIVPACS-River Invertebrate Prediction and Classification System, UK;

SGCMC - Snowy Genoa Catchments Management Committee; SLURP - Semi-distributed Land Use – based Runoff Processes; SREP - Snowy River Expert Panel; SWALP - Surface Water Abstraction Licensing Policy; SWI - Snowy water Inquiry; SWK - Scott Wilson Kirkpatrick;

TAP - Technical Advisory Panel; USFS - United States forest Service; USFWS - United States Fish and Wildlife Service; USGS - United States Geological Survey; UW - Usable Width; VHI - various simple hydrological indices (unspecified, in addition to any specific flow indices listed); WAMP - Water Allocation and Management Planning; WRD - water resource development; WRRRI - Water Resources Research Institute; WRYM - Water Resources Yield Model; WSP - Water Surface Profile.

8.5.2. Súčasné trendy

Vznikajú stále nové metódy, ktoré obsahujú zovšeobecnenia veľkej rozmanitosti pôvodných. Uvádzame niekoľko príspevkov z celej plejády, ktoré vznikli v tomto období. Je snaha k zovšeobecňovaniu a zjednodušovaniu metódik. Rôzne organizácie sa aktivizujú v oblasti e – flows, napr. IWMI – Internacional Water Management Institute, ktorý vydáva celkový report o e – flows Taking into Account Environmental Water Requirements in Global – scale Water Resources Assessment (2004). Akcent sa kladie na vytvorenie politiky a legislatívy, ktorý legalizuje udržateľnosť vodných zdrojov, založenia národných výskumných programov na zvýšenie poznatkov vzťahov medzi kvantitou vody a medzi ekosystémami, použitie a výber najlepších metodológií pre daný účel a región. Z celej plejády novo vzniknutých prác vyberáme niekoľko.

Geoffrey E. Petts (2009): Instream flow science for sustainable management. predstavuje simulovanie habitatu na základe vstupov o prirodzenej variabilite hydrologického režimu, ktorý je typický pre ten ktorý región, morfológických údajov o koryte, znalosti zmien klimatického cyklu. Predstavuje model určenia e-flow pre 21 storočie.

Acreman M. Dunbar M. J. (2004): Defining environmental river flow requirements – a review V článku sa autori zameriavajú na fakt, že v celom svete rastie chuť vytvárať nové metodológie pre určenie e – flow. Tento článok sa snaží spraviť inventúru v prístupoch a pri vhodnom výbere tej, ktorej metódy. Základom je rozdelenie riek na 4 skupiny podľa stupňa ovplyvnenia ľudskou činnosťou, s čím súvisí aj stupeň ohrozenia bioty v toku.

Richter, B. D. (1997) How much water does a river need? V článku sa opisuje metodika RVA – Range of Variability Approach pri manažovaní povodia sa používa princíp priblíženia k prirodzenej variabilite povrchového toku. Vychádza sa z 32 hydrologických charakteristík a ich variability.

Maunder, D., Hindley, B., at all. (2005): Establishing Environmental Flow Requirements, Synthesis Report. Vzniklo na základe požiadavky Ministerstva environmentalistiky v Ohaiu na ochranu vodných útvarov a využíva bohaté skúsenosti s problematikou v tejto časti sveta.

Acerman, M., Dunbar, M., at all. (2008): Developing environmental standards for abstraction from UK rivers to implement the EU Water Framework Directive. Hydrological Sciences Journal 53(6) 2008, 1105-11020 p.

Odborníci pre hydrológiu, ekológiu v UK zodpovedný za implementáciu WFD uskutočnili niekoľko workshopov pre vytvorenie prahových hodnôt prietoku – hands of flows – HOFs. Práce prebiehali v 4 základných paneloch:

- 1) Identifikáci fyzikálnych parametrov zložiek biotopu (Acerman et al, 2005)

- 2) Zhrnutie vodných útvarov do typov, pre ktoré by súbor štandardov v každom type bol rovnaký pre všetky vodné útvary. (Acernan et al, 2005b)
- 3) Stanovenie ekologického základu pre normy ((Acernan et al, 2006)
- 4) Konečná definícia environmentálnych noriem pre jednotlivé skupiny vodných útvarov.

Táto metóda bola prezentovaná 22. 7. 2010 (Demeterová) na rokovaní jednotlivých pracovných podskupín PS3 „Povrchové vody“. Materiál bol poskytnutý zúčastneným v tlačovej forme. Prezentovaná metodika sa dotýka pasívneho hospodárenia s vodou v povodiach – teda v povodiach, kde nie je možné aktívne – vodnými nádržami ovplyvniť minimálny zostatkový prietok.

9. Regionalizácia malej vodnosti

Prvú regionalizáciu malej vodnosti na Slovensku spravil *Balco, M., (1990)*. Balco k regionalizácii použil postupy regresnej analýzy. Regionalizoval minimálny priemerný denný prietok a pravdepodobnosť výskytu minimálneho ročného prietoku. Dospel v rámci Slovenska ku 15 regiónom, ktoré popísal viac parametrickými modelmi. V súčasnosti sa matematické nástroje pre regionalizáciu v podstatnej miere zdokonalili a dávajú možnosť na objektívnejšie posúdenie. Vzhľadom na požiadavky Rámcovej smernice sme pristúpili k regionalizácii celého spektra charakteristík malej vodnosti, čo do regionalizácie ich kvantitatívneho ohodnotenia ale aj času výskytu miním. V rámci predkladanej úlohy bola vypracovaná štúdia: *Kohnová, S., Szolgay, J., K. Hlavčová a kol. (2008): Posúdenie malej vodnosti metódou regionálnej typizácie. Záverečná správa HZ 04-296-07. KVHK, SF, STU Bratislava. 93 s. Táto správa je prílohou predkladanej úlohy.*

Fyzicko – geografické a klimatické charakteristiky pre 211 povodí poskytlo a spracovalo SHMÚ . Tieto údaje boli spracované v prostredí GIS.

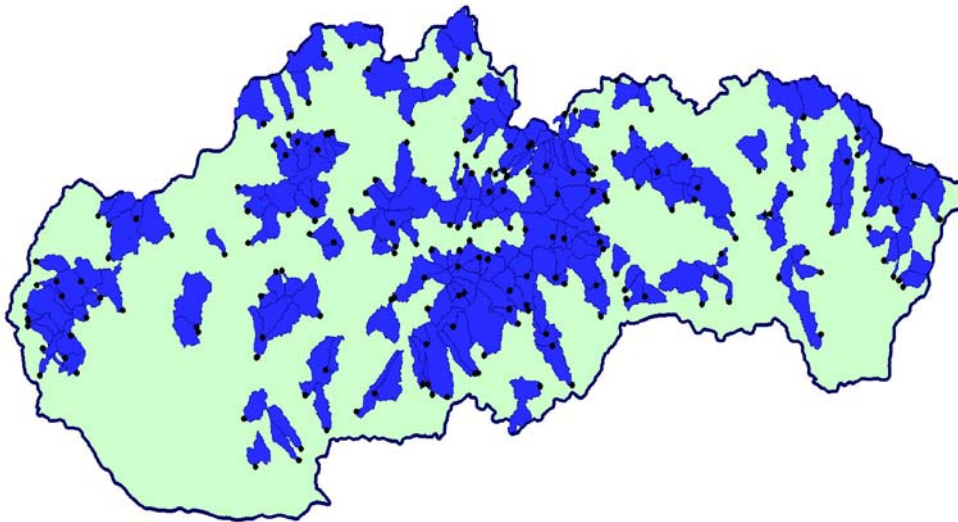
SHMÚ poskytlo charakteristiky malej vodnosti, ktoré boli regionalizované: režim minimálnych prietokov mesačných a sezónnych, hodnoty Q_{355} , Q_{95} pre profily vstupujúce do regionalizácie, dátumy v ktorých bol prietok nižší ako Q_{95} .

Regionalizačné postupy aplikovali pracovníci STU SF, Katedra VHK a výstupy spoločnej práce sú uvedené v *Kohnová, S., Szolgay, J., K. Hlavčová a kol. (2008)*.

Prístupy ku regionalizácii môžeme rozdeliť na:

- 1) Individuálna regionalizácia - vymedzenie súvislého územia s podobným hydrologickým režimom. Každý vyčlenený priestor v mape má v legende jeden individuálny popis. (Kohnová)
- 2) Typologická regionalizácia - Jedna vysvetlivka v legende sa vzťahuje na viac areálov. Regionálna typizácia je vymedzenie priestorových jednotiek vzájomne nesusediacich v priestore na základe podobnosti zvolených fyzicko – geografických parametrov ovplyvňujúcich hydrologický režim.

OBR. 9.1. Výber povodí a ich základných charakteristík



Ku spracovaniu bolo vybraných 211 malých a stredných povodí 4 – 500 km², Obdobie pozorovania bolo najmenej 20 rokov. Výsledkom sú regionálne typizácie minimálnych prietokov na Slovensku:

- 1) Podľa výskytu minima v lete , v zime
- 2) Podľa veľkosti q_{95} v lete, v zime
- 3) Poľa sezonality výskytu malej vodnosti – prietokov menších ako zvolená hranica q_{95} – sezonalita v zmysle, v ktorom mesiaci sa vyskytne malá vodnosť v lete, v zime
- 4) Pri každej regionalizácii výsledkom je:
- 5) mapa s vyznačenými regionálnymi typmi
- 6) tabuľka so zaradením staníc do jednotlivých regionálnych typov
- 7) grafy histogramon sezonality výskytu malej vodnosti v jednotlivých typoch
- 8) odvodenie vzťahov pre nepriamy odhad minimálnych prietokov v odvodených regionálnych typoch.

Správa bola poskytnutá na oponovanie Ing. Kašpárekovi CSc. a v súčasnosti ju predkladáme ministerstvu.

10. Závery

V pôsobnosti Slovenského hydrometeorologického ústavu je monitorovanie kvantitatívnych parametrov stavu vôd na území Slovenskej republiky ako aj hodnotenie údajov o režime vôd. V súlade s týmto poslaním SHMÚ pri hodnotení režimu malej

vodnosti bola využitá databáza hydrologických pozorovaní v celej priestorovej a časovej šírke na území Slovenska.

Výstupom práce je celoplošné spracovanie režimu malej vodnosti v povodiach Slovenskej republiky. Hlavným výstupom je databáza charakteristík malej vodnosti pre povodia Slovenska, ktorá je doplnená predkladanou textovou správou. Databáza charakteristík sa nachádza v :

1) Tabuľková príloha 1:

- a. Neprietokové charakteristiky malej vodnosti pre prahovú hodnotu Q355 pre celé územie Slovenska
- b. Neprietokové charakteristiky malej vodnosti pre prahovú hodnotu 90%

2) Tabuľková príloha 2:

- a. Minimálne mesačné, sezónne a ročné prietoky pre celé územie Slovenska
- b. Priemerné minimálne mesačné, sezónne a ročné prietoky pre celé územie Slovenska
- c. 7-denné prietoky pre celé územie Slovenska
- d. 99% zabezpečenia priemerných mesačných prietokov pre celé územie Slovenska
- e. Vybrané charakteristiky malej vodnosti

3) Práca ďalej zahŕňa grafické prílohy, ktoré obsahujú:

- a. trendy minimálnych ročných prietokov,
- b. minimálnych mesačných prietokov
- c. trendy M-denných prietokov

V textovej časti predkladanej práci sú popísané definície termínov, použité podkladové údaje, databázové prostriedky, použité metodiky, výsledky práce a zhodnotenie dosiahnutých výsledkov. Textová časť práce obsahuje niekoľko základných tém – neprietokové charakteristiky malej vodnosti – kapitola 6, prietokové charakteristiky malej vodnosti – kapitola 7, metódy určovania minimálneho zostatkového prietoku – kapitola 8 a regionalizáciu malej vodnosti – kapitola 9. Kapitola 9 je úvodom k tejto problematike, ucelená regionalizácia je riešená v správe: Posúdenie malej vodnosti metódou regionálnej typizácie, ktorá je prílohou predkladanej správy.

Prietokové charakteristiky obsahujú spracovanie na celom území Slovenska v dennom, mesačnom a sezónnom kroku. Ide o režimové charakteristiky a extrémny s vysokou zabezpečenosťou pre tieto charakteristiky. Spracovaný je vývoj malej vodnosti v čase pre široké spektrum charakteristík vo forme trendov.

Hodnotenie prietokových charakteristík je rozdielne vo vodomerných staniách, ktoré pozorujú od roku 1931 a tie, ktoré majú kratšie pozorovanie. Pre vodomerné stanice s kratším obdobím vyhodnocovania prietokov sa výskyt minimálnych prietokov viaže na posledné desaťročie minulého storočia a na roky 2002, 2003 a 2007. Iná je situácia vo vodomerných staniách, ktoré začali vyhodnocovať prietoky v roku 1931 a skôr. V týchto vodomerných staniách už jasne prevláda výskyt miním v desaťročí 1941-1950.

Ak by sme brali do úvahy len obdobie 1961-2000, teda nové platné referenčné obdobie, tak výrazne prevláda výskyt miním v desaťročí 1991-2000, o niečo menšiu frekvenciu mal výskyt miním v desaťročí 1961-1970.

Z pohľadu výskytu miním v jednotlivých desaťročiach by mohli byť zaujímavé aj roky 1921-1930. Z tohto obdobia však máme k dispozícii údaje len z 5 vodomerných staníc, preto nie je možné urobiť závery s platnosťou pre celé územie Slovenska. Avšak pre týchto 5 vodomerných staníc najvýznamnejšie minimá sa vyskytli v dekáde 1921-1930, a až po nej ako dve rovnocenné z hľadiska výskytu minimálnych prietokov sú dekády 1941-1950 a 1991-2000.

Ak by sme do hodnotenia priradili aj vodomerné stanice s výrazne ovplyvneným hydrologickým režimom, tak na tých, ktoré sú pod vodnými nádržami (napr. Ondava - Horovce) by sa výskyt miním v jednotlivých desaťročiach postupne znižoval (podobne, ako je to pri hodnotení trendov), naopak vo vodomerných staniách, nad ktorými sú výrazné odbery podzemných vôd (Bebrava, Čierny Váh) by sa výskyt miním presúval do súčasnosti. Z uvedeného rozboru vyplýva, že nie je možné posledných 20 rokov označiť za výnimočné z hľadiska minimálnych mesačných prietokov, a to aj napriek pozorovaným zvýšeným teplotám vzduchu a regionálne zníženým zrážkovým úhrnom.

Neprietokové charakteristiky boli spracované na základe hydrogramov v dennom kroku. Spracovanie bolo spravené pre dve úrovne prahovej hodnoty prietoku: pre Q97,2 (Q355 denné) a pre Q90.

- 1) Spracované boli: najväčšie zaznamenané udalosti malej vodnosti. Bolo určené najdlhšie sucho a najväčší nedostatkový objem pre každú vodomernú stanicu.

Pri hodnotení hydrologických javov nás zvlášť zaujímajú extrémny. Aj pri hodnotení malej vodnosti sú pre projekčné účely a pre zmiernenie následkov sucha dôležité znalosti o extrémnych zriedka sa vyskytujúcich obdobiach malej vodnosti v povrchových tokoch s malou pravdepodobnosťou výskytu.

- 2) Spracovali sme teda časy trvania a nedostatkové objemy pre 99% pravdepodobnosťou nedostúpenia pre prahovú hodnotu prietoku Q90.
- 3) V oblasti neprietokových charakteristík boli pre vybrané profily spracované trendy a frekvencie výskytu malej vodnosti ako aj regresné vzťahy.

Pri hodnotení dĺžky trvania sucha tiež pozorujeme rozdiel medzi vodomernými stanicami, ktoré pozorovali od roku 1931 a skôr a vodomernými stanicami, ktoré mali kratšie pozorovanie. Rok 1947 bol skutočne výnimočný, čo sa týka dĺžky trvania sucha. Najdlhšie trvanie bolo zaznamenané v povodiach Moravy, Nitry, Ipľa, Slanej Tople, pričom na mnohých povodiach v tomto čase nebolo pozorovanie. Na povodiach so zimným režimom, kedy pre mrazivé počasie je odtok v povodí retardovaný, boli dlhé prietokové depresie počas zím v rokoch 1932 (Poprad v Matejovciach), 1964 (Poprad v Chmelnici a Hornád), 1953 (Dunaj a Váh). V 80 rokoch minulého storočia bola tiež séria tuhých zím. V povodiach s letným a jesenno - letným režimom, ktoré neboli monitorované v roku 1947 boli najdlhšie suchá zaznamenané hlavne v 90 rokoch.

Najdlhšie prietokové depresie trvajú 2, 3 až 4 mesiace, pričom na horských tokoch je trvanie zvyčajne kratšie ako na nížinných tokoch. Frekvencia výskytu dlhých súch – dlhších ako 1 mesiac je rôzna (Poprad – Chmelnica 7 krát za 80 rokov, Morava-Moravský Ján 8 krát za 87 rokov, Dunaj – Bratislava 7 krát za 109 rokov, Váh v Liptovskom Mikuláši 6 krát za 88 rokov, Nitra v Nitrianskej Strede 7 krát za 78 rokov, Ipeľ v Holiši 8 krát za 78 rokov, Torysa v Košických Olšanoch 6 krát za 78 rokov, Bodva v Medzeve 7 krát za 68 rokov, Topľa v Hanušovciach 5 krát za 78 rokov).

Hodnotenia trendov časov trvania sucha vo vybraných vodomerných stanicach s dlhým radom pozorovania ukazujú prevažujúci nárast dĺžky trvania sucha. Nárast sme zaznamenali na Biely Váh – Východná, Boca - Kráľová Lehota, Váh - Liptovský Mikuláš, Revúca – Podsuchá, Ľubochňanka – Ľubochňa, Turiec – Martin, Rajčianka – Poluvsie, Bebrava – Biskupice, Hron – Zlatno, Hron – Brezno, Čierny Hron – Hronec, Bystrianka – Bystrá, Štiavnička - Mýto pod Ďumbierom, Vajskovský potok - Dolná Lehota, Hron - Banská Bystrica, Hron – Brehy, Poprad – Chmelnica, Litava – Plášťovce, Dobšinský potok – Dobšiná, Štítnik – Štítnik, Rimavica - Lehota nad Rimavicou, Krupinica – Plášťovce.

Pokles trendu dĺžky trvania sucha sme zaznamenali Morava - Moravský Ján, Dunaj – Bratislava, Belá – Podbanské, Kysuca – Čadca, Kysuca - Kysucké Nové Mesto, Nitra - Nitrianska Streda, Ipeľ – Holiša, Torysa - Košické Olšany, Topľa - Hanušovce nad Topľou.

Výskum regresných vzťahov ukazuje na tendencie. Na vzorke 32 vodomerných staníc, ktorých dĺžka pozorovania je viac ako 75 rokov sme skúmali korelačné vzťahy medzi maximálnou dosiahnutou dĺžkou trvania malej vodnosti a charakteristikami povodia. Korelačné koeficienty týchto vzťahov poukazujú skôr na tendencie - priamo úmerné vzťahy sú s teplotou a priepustnosťou povodia. Nepriamo úmerné vzťahy sú so sklonom, nadmorskou výškou a lesnatosťou povodia.

Hodnotenie posledných rokov¹⁵

Pri hodnotení posledných 4 rokov – 2006, 2007, 2008 a 2009, v povodí Popradu klesli prietoky pod hodnotu Q_{355} v roku 2006 na Javorinke po dobu 7 dní, na hornom Poprade 1 deň a na dolnom Poprade 6 dní. Minimálne prietoky boli menšie ako Q_{355} taktiež len v roku 2006. V povodí Moravy a Dunaja klesli prietoky pod hodnotu Q_{355} na Dunaji v 3 rokoch, najdlhší pokles bol v zime v roku 2007 a trval 8 dní. Na Morave bol pokles len v lete v roku 2007 a trval 10 dní. V povodí Malého Dunaja za posledných 4 rokov, klesli prietoky na dlhšiu dobu pod hodnotu Q_{355} len na Trnávke v roku 2008 počas 28 dní a v roku 2009 počas 11 dní. Za posledné 4 roky prietoky pod hodnotu Q_{355} na Váhu klesli v roku 2006 - v marci po dobu 20 dní. Na Nitre nebol prakticky za celé 4 roky pokles pod túto hodnotu.

Na Hrone pri hodnotení posledných 4 rokov, klesli prietoky pod hodnotu Q_{355} na Hrone v Banskej Bystrici a v Brehoch. Najdlhší pokles bol na jeseň v roku 2009 a trval 20 dní. Na Ipli pri hodnotení posledných 4 rokov, klesli prietoky pod hodnotu Q_{355} pomerne na dlhú dobu 26 dní na Litave v Plášťovciach v lete v roku 2007. Na Slanej klesli prietoky pod hodnotu Q_{355} významnejšie v lete v roku 2007, na Slanej v Lenártovciach po dobu 19 dní a na jeseň 2009 na Rimavici po dobu 20 dní.

Na Hornáde pri hodnotení posledných 4 rokov, neklesli prietoky pod hodnotu Q_{355} . Na Bodve klesli prietoky pod hodnotu Q_{355} veľmi významne v lete v roku 2008 na Turni v Hostóvciach, kedy pokles trval až 47 dní. V roku 2009 na jeseň v tomto profile pokles trval 23 dní. Na Bodrogu klesli prietoky pod hodnotu Q_{355} len v roku 2007 na Topli po dobu 14 dní a na Latorici po dobu 11 dní.

Metóda regionálnej typizácie bola použitá pre posúdenie malej vodnosti na území Slovenska. Bolo vypracovaných a porovnaných niekoľko rozdielnych prístupov k problematike. Regionálne typizácie boli uskutočnené viacerými subjektívnymi ako aj objektívnymi typizačnými prístupmi. Zo subjektívnych metód sa uplatnili typizácie na základe štatistických hodnôt minimálnych prietokov ako aj na základe analýzy sezónnosti výskytu minimálnych prietokov, a to pre letnú, zimnú a ročnú sezónu. Z objektívnych typizačných metód sa uplatnila zhluková analýza a metóda vplyvného regiónu (ROI).

Závery zo správy o regionálnej typizácii, ktorá je v prílohe, uvádzame v nasledovnom. Z regionálnych typizácií založených na sezonalite výskytu minimálnych prietokov je zrejmé, že výskyt minimálnych prietokov je najčastejšie v jesenno-zimnom a zimnom období. Pre východné Slovensko sú typické minimálne prietoky v mesiacoch

¹⁵ Hodnotenie je vo vybraných profiloch podľa kapitoly 6.2.

november a december. V oblasti severného a stredného Slovenska sa minimálne prietoky vyskytujú prevažne v zimných mesiacoch, najmä január a február. Pri regionálnej typizácii minimálnych prietokov v letnej sezóne sa minimálne prietoky vyskytujú najmä v mesiaci august. Výskyty minimálnych prietokov v mesiaci september sú na povodiach stredného Slovenska, v oblasti Malých a Bielych Karpát, Laborca. Október má zastúpenie len v severnej časti Slovenska. Pri regionálnej typizácii použitím zhlukovej analýzy možno sledovať, že táto typizácia nevykazovala na prvý pohľad zjavné regionálne celky. Možno však opäť sledovať, že najmä povodia Vysokých a Nízkych Tatier patria do spoločného regionálneho typu, rovnako ako povodia ležiace v nížinách a kotlinách Slovenska. Tiež sa vyčlenila ako jeden regionálny typ oblasť Oravy a Kysúc. Vo vyčlenených regionálnych typoch sa následne odvodili regionálne regresné vzťahy pre odhad minimálnych prietokov na miestach bez priamych pozorovaní. Odchýlky vypočítaných a štatisticky odhadnutých minimálnych prietokov sa pohybovali v priemere do 20%. Metóda vplyvného regiónu predstavuje alternatívny spôsob vytvárania regionálnych typov, podľa ktorej pre každé analyzované povodie sa skonštruuje jedinečné zoskupenie povodí s podobnými charakteristikami. Na rozdiel od vyššie uvedených metód regionálnej typizácie sa v metodike ROI nepreverovala správnosť postupov vypočítaním rozdielu medzi pozorovanými, resp. teoreticky určenými minimálnymi prietokmi, nakoľko by to bola relatívne náročná práca pre každý profil z celkového počtu 183. Na druhej strane sú dva nepriame dôkazy na to, že vytvorené regionálne typy by mali byť rozumne skonštruované: a) Veľkosť jednotlivých vplyvných regiónov. Minimálne prietoky vykazujú mimoriadnu priestorovú aj časovú variabilitu, z čoho vyplýva, že je ťažké skonštruovať homogénne zoskupenie s relatívne veľkým počtom zahrnutých povodí. Výsledky metodiky ROI, kde veľkosť väčšiny vplyvných regiónov nepresahuje 10 sú teda v súlade s výsledkami získanými z ďalších postupov regionálnej typizácie. b) Zloženie vplyvných regiónov. Vo väčšine prípadov sa v rámci daného vplyvného regiónu objavujú profily z toho istého povodia (profily s málo odlišnými indikátivmi), čo môže (ale nutne nemusí) byť indikátorom podobného hydrologického režimu.

Minimálny zostatkový prietok, ktorý požaduje Vodný zákon, úzko súvisí s režimom malej vodnosti. Práca obsahuje rešerš pre určovanie minimálneho zostatkového prietoku, ktorá má prispieť k riešeniu tejto problematiky na Slovensku. Úlohu minimálneho zostatkového prietoku v súčasnosti na Slovensku do určitej miery plní už nie vyhovujúci minimálny bilančný prietok – MQ. Táto hodnota sa spája s dokumentom Kvantitatívnej vodohospodárskej bilancie povrchových vôd uplynulého roka, univerzálna hodnota v našom vodnom hospodárstve pre minimálny zostatkový prietok však nie je. Minimálny bilančný prietok je taký (resp. mal by byť taký), ktorý zabezpečí ochranu životného prostredia, zabezpečí zachovanie podmienok pre biologickú rovnováhu toku a jeho najbližšieho okolia a zabezpečí všeobecné užívanie vody, také

ktoré nevyžaduje povolenie vodohospodárskych orgánov. Z titulu tejto definície sa minimálnemu bilančný prietok považuje za minimálny zostatkový prietok a bilančnému prietoku sa pripisuje všeobecná platnosť. Je však určený pre jednotlivé bilančné profily. Hodnoty MQ sú stanovené podľa postupu schváleného MŽP SR. Kvantifikovanie MQ malo v našom vodnom hospodárstve svoj vývoj a jej určenie je odrazom doby v ktorej vzniklo. Priorita ekologických, ekonomických a vodohospodárskych kritérií má svoj historický rozmer. V prvom vydaní Štátneho vodohospodárskeho plánu túto funkciu plnili prietoky Q_{355} . Podstatnejšia zmena výpočtu tejto hranice nastala v roku 1975 pri 2. Vydaní Smerného vodohospodárskeho plánu SSR. Zásady pre stanovenie hranice užívania vody – minimálneho bilančného prietoku MQ v súčasnosti určuje citovaná smernica MLVH z roku 1980. Ekologický prietok v našej legislatíve sa podľa týchto zásad nachádza medzi Q_{355} a $1/2Q_{364}$. Výnimkou sú krátke úseky tokov, ktoré zaúšťujú do tokov vyššieho rádu. Na hraničných úsekoch sú hodnoty určené podľa medzištátnych dohôd.

Zákon požaduje všeobecné určenie minimálneho zostatkového prietoku – nie len vo väzbe na dokument Vodohospodárskej bilancie.

Vo svete už desiatky rokov vznikajú nové metodiky na určovanie environmentálneho prietoku – EF. (Podľa definície vo Vodnom zákone je v našej legislatíve pomenovaný ako minimálny zostatkový prietok MZP.) Súborný prehľad metodík vyvinutých v rôznych krajinách a prírodných podmienkach za posledné desaťročia poskytol *Tharme, R. E. (2003). King, J. M., Tharme R. E., de Villiers, M. S. (2008)* vydávajú rozsiahlu monografiu – manuál metód určovania EF. Poskytuje prehľad metód pre určenie EF (environmental flow) MZP¹⁶. Popisuje 207 metód, ktoré sa vyvinuli, alebo použili v 44 krajinách sveta a v 6 svetových regiónoch. Tieto metódy rozdeľuje na: hydrologické, hydraulické, simulujúce habitat, kombinované metódy a holistické metódy.

Najrozšírenejšie je použitie hydrologických metód – 29,5 % a simulovanie habitatu – 28%. Hydrologické metódy sa najviac používajú v Európe – 38%, teda v oblastiach kde je k dispozícii dlhodobé hydrologické pozorovanie. Modelovanie habitatu je najviac rozšírené v bohatých krajinách - v USA, Kanade a Francúzsku.

Hoci historicky v oblasti metodológie EF majú popredné postavenie USA, iniciatívy aj v ostatných častiach sveta v súčasnosti posúvajú vývoj. Hoci súčasné prúdy vo svete vo vývoji environmentálneho prietoku sú v prevažnej miere založené na napozorovaných hydrologických dátach a hydrologických metódach, napriek tomu sa kladie vždy veľký dôraz na ekologické metódy a technickú aplikovateľnosť ekologického prietoku.

¹⁶ Autor označuje ako environmentálny prietok, my sme zostali pri pomenovaní minimálny zostatkový prietok (ten má zabezpečiť environmentálny komfort, pokladáme to teda za ekvivalentné pojmy)

Používanie holistických metód ako 8% zo všetkých metód použitých v poslednej dekáde sú označované ako alternatívne cesty, ktorými napreduje vývoj EF (MZP). Takéto metódy sú založené na scenári, do ktorého vstupujú požiadavky ekosystému celého okolia rieky, ktorý je založený na explicitnom spojení medzi režimom rieky a dôsledkami na environment a biotu. Holistické metódy sú špeciálne vhodné v rozvojových krajinách kde vodné systémy musia byť chránené napriek neexistujúcim dátam na základe profesionálnych odhadov a rizikovej analýzy.

Veľká preferencia hydrologických metód predurčuje predkladanú prácu k využitiu pri určení environmentálnych prietokov na Slovensku.

Z veľkého množstva prezentovaných metodík sme dali do pozornosti metodiku Acernan, M., Dunbar, M., et al. (2008): Developing environmental standards for abstraction from UK rivers to implement the EU Water Framework Directive. *Hydrological Sciences Journal* 53(6) 2008, 1105-11020 p. Vzhľadom na túto skutočnosť zásady metodiky predstavíme aj v záveroch predkladanej správy. Metodika vychádza zo zásady: režim odtoku je zásadný pre udržanie zdravých riek, preto je potrebné regulovať odbery a vypúšťania. Výsledné environmentálne normy určujú maximálne odbery z riek a súčasne minimálny zostatkový prietok pre udržanie zdravého riečného ekosystému. Tieto veličiny sa menia v čase – podľa požiadaviek bioty, podľa vodnosti rieky a podľa riečnych typov.

Práce pozostávali zo 4 etáp:

- 1) Identifikácia fyzikálnych parametrov zložiek biotopu (Acernan et al., 2005).
- 2) Zhrnutie vodných útvarov do typov, pre ktoré by súbor ekologických noriem v každom type bol rovnaký pre všetky vodné útvary. (Acernan et al., 2005b).
- 3) Stanovenie ekologického základu pre normy ((Acernan et al., 2006).
- 4) Konečná definícia environmentálnych noriem pre jednotlivé typy vodných útvarov.

Pri postupe sa v prvom rade využila sa sieť vodomerných staníc a spracoval sa režim malej vodnosti, čo zodpovedá výstupom nami predkladanej práci.

V ďalšom kroku bola spravená typológia podľa environmentálnych kritérií. Holmes et al. (1998) klasifikoval UK rieky na základe makrofytov na základe prieskumov na viac ako 1500 miestach.

Pre stanovenie ekologického základu pre normy prebehla široká diskusia medzi hydroológmi, poradenskými inštitúciami pre životné prostredie, výskumnými inštitúciami a biológmi – špecialistami na ryby, makrozoobentos a makrofity výsledkom ktorej bol interakcia požiadaviek a možností. V konečnom znení sa vybudoval konsenzus. Je zaujímavou skutočnosťou, že pri tejto práci bolo nutné pristúpiť k extrapolácii znalostí za hranicu empirických dát, bez dôkazov a exaktných postupov. Nakoniec boli prijaté

najlepšie odhady, aj keď neistota bola vysoká. Problém nedostatku dát bol zdôraznený ako všeobecný problém. Ďalším problémom bola definícia pre GES kde sa pripúšťajú mierne odchýlky od referenčných podmienok, pričom miera odchýlky nie je definovaná.

Odborníci zvažili iba ekologické otázky ako nezávislí vedci. Politické aspekty a aspekty prevádzky hospodárstva zapracovali do systému príslušné orgány.

Vzniklo 10 typov riek, počnúc od nížinných až ku horským riekam. Hydraulické údaje boli k dispozícii na 65 miestach vo veľkej Británii. Odporúčania hydroológov smerovali ku vytvoreniu vzťahov medzi prietokmi a fyzikálnym charakterom koryt (šírka, hĺbka, rýchlosť prúdenia vody). Príklady vzťahov medzi omočeným obvodom a prietokom sa stávajú strmšie pri prietoku Q_{95} , pričom bol preukázaná pomerne všeobecná platnosť tohto vzťahu. Ukazuje sa tu vyššia citlivosť toku na prah pri Q_{95} čo poukazuje na to že by to mohla byť hranica pre zostatkový prietok a pre zmeny pre dovolené odbery. Táto hodnota je o niečo prísnejšia ako Q_{355} , ktorá sa používa u nás (Q_{355} zodpovedá $Q_{97,2}$).

V konečnom kroku environmentálne normy boli definované len pre 5 typov riek. Určujú možné odbery v jednotlivých mesiacoch pri rôznych vodnostiach riek pre jednotlivé typy.

Typ alebo sub typ	Sezóna	prietok $>Q_{n60}$	prietok $>Q_{n70}$	prietok $>Q_{n95}$	prietok $<Q_{n95}$
A1	Apr.- Okt.	30	25	20	15
	Nov.- Mar.	35	30	25	20
A2(ds),B1,B2,C1,D1	Apr.- Okt.	25	20	15	10
	Nov.- Mar.	30	25	20	15
A2(hw),	Apr.- Okt.	20	15	10	7,5
C2,D2	Nov.- Mar.	25	20	15	10
Lososovité úseky - trenie rýb&liahnutie (netýka sa riek s kriedovým podložím)	Jun.- Sep. Okt.- Máj	25 20	20 15	15 prietok $>Q_{80}$ 10	10 prietok $<Q_{n80}$ 7,5

Súčasťou tejto metodiky je biologický monitoring, ktorý môže dávať priestor pre upresnenie kritérií, prípadne pre výnimky. Výsledky štúdie preskúmali nezávisle medzinárodní vedci a pripomienky dávali na webových stránkach – prebehla internetová diskusia. Komisia dostala pripomienky od akademických pracovníkov a zainteresovaných strán a odberateľov. Sú tu všeobecné obavy, že výsledky sú len v niektorých málo prípadoch podložené vedeckými štúdiami. RSV stanovuje prehodnotiť vedecké poznatky o požiadavkách ekosystémov na prietoky, empirický prístup v súčasnej dobe nie je

možný. Odborné znalosti na terajšej úrovni dovoľujú určiť len maximálne limity pre odbery. Kľúčom ku dosiahnutiu GES je však zachovanie minimálnych prietokov

Táto metóda bola prezentovaná 22.7.2010 (Demeterová) pri rokovaní jednotlivých pracovných podskupín PS3 „Povrchové vody“. Materiál bol poskytnutý zúčastneným v tlačovej forme. Prezentovaná metodika sa dotýka pasívneho hospodárenia s vodou v povodiach – teda v povodiach, kde nie je možné aktívne – vodnými nádržami ovplyvniť minimálny zostatkový prietok.

11. Odporúčania

Zo strany SHMÚ boli poskytnuté všetky údaje, ktoré vyplývajú zo štatútu organizácie. Vzhľadom na to, že SHMU disponuje aj s kapacitami pre vedeckú činnosť je možné na problematike hlavne minimálneho zostatkového prietoku a na dokumentoch pre znižovanie nepriaznivých účinkov sucha naďalej spolupracovať. Tieto dve oblasti nie sú odborne ani legislatívne vyriešené a preto odporúčame v úlohe pokračovať.

V oblasti prietokových charakteristík odporúčame štatistické matematické zhodnotenie bohatých grafických výstupov – trendových čiar, čo prispeje k hodnoteniu dopadov klimatických zmien na hydrologický režim.

V oblasti neprietokových charakteristík odporúčame ďalšie hodnotenie trendov dĺžky malej vodnosti. Hodnotenie malej vodnosti zakomponovať do ročenkového výstupu. Odporúčame pokračovať vo výskume v oblasti regresných vzťahov a zamerať sa prioritne na regresné vzťahy neprietokových charakteristík so zrážkami.

Pre určenie minimálneho zostatkového prietoku existujú vo svete nákladné postupy, ktoré danú problematiku riešia veľmi podrobne – vyžadujú však spracovanie veľmi nákladných meraní, výpočtov a analýz pre každý posudzovaný prípad zvlášť. Podmienky pre takýto spôsob postupu v Slovenskej republike nie je možný. Na základe rešerše a voľby postupu v ČR sme v oblasti minimálneho zostatkového prietoku odporučili metodiku - Acerman, M., Dunbar, M., at all. (2008): Developing environmental standards for abstraction from UK rivers to implement the EU Water Framework Directive. *Hydrological Sciences Journal* 53(6) 2008, 1105-11020 p. V ďalšom postupe odporúčame posúdiť jej vhodnosť, prípadne prevzatie niektorých postupov, resp. aj zamietnutie. Za tým účelom odporúčame vyžiadať odborné stanoviská na vhodnosť metodiky pre makrofity, makrozoobentos a ryby v našich podmienkach. Odporúčame vyžiadať tiež obdobné odborné stanoviská od výskumých inštitúcií a poradenských agentúr pre ochranu životného prostredia. V prípade vhodnosti metodiky zadať úlohy pre vypracovanie typológie slovenských povodí podľa environmentálnych kritérií. Mali by sa vypracovať limitné požiadavky pre makrofity, makrozoobentos a ryby v čase a priestore.

V oblasti hydrologie by sa malo pracovať na vzťahoch medzi prietokmi a fyzikálnym charakterom korýt – hĺbky, rýchlosti, omočený obvod a ďalšie parametre.

V oblasti zmierňovania následkov sucha odporúčame vypracovať kompetentný názor a postup pre implementáciu od meteorológov, klimatológov, hydroológov, ekonómov prípadne ďalších zainteresovaných pre subdokument Rámcovej smernice o vodách: Drought Management Plan –DMP)¹⁷.

12. Literatúra

Aarts, B. G., Van Den Brink, F. W. B. & Nienhuis, P. H. (2004) Habitat loss as the main cause of the slow recovery of fish faunas of regulated large rivers in Europe: the transversal floodplain gradient. *Rivers res. Applic.* 20, 3-23.

Abbasov, R. K. & Smakhtin, V. U. (2009) Introducing environmental thresholds into water withdrawal management of mountain streams in the Kura river basin, Azerbaijan.

Acreman, M., Dunbar, M., at all. (2008): Developing environmental standards for abstraction from UK rivers to implement the EU Water Framework Directive. *Hydrological Sciences Journal* 53(6) 2008, 1105-11020 p.

Acreman, M. C. & Dunbar, M.J. (2004) Methods for defining environmental river flow requirements - a review . *Hydrol. Earth System Sci.* 8, 861-876.

Acreman, M. C., Black, A., Bragg, O., Dunbar, M. J. & Rowan, J. (2005a) Development of environmental standards (Water Resources). Stage 1: Identify hydro-morphological parameters to which the aquatic ecosystem is sensitive for the Water Framework Directive. Report to the Scotland and Northern Ireland Forum for Environment Research. Centre for Ecology and Hydrology. Wallingford and University of Dundee, Dundee, UK.

Acreman, M. C., Dunbar, M. J., Hannaford, J. & Hughes, D. (2005c) The use of generic hydrological management targets to ensure the favourable condition of rivers designated for wildlife. Report to English nature, Centre for Ecology and Hydrology, Wallingford, UK.

Acreman, M. C., Dunbar, M. J., Hannaford, J., Black, A., Bragg, O., Rowan, J. & King, J. (2005b) Development of environmental standards (Water Resources). Stage 2: Typology for the water Framework Directive. Report to the Scotland and Northern Ireland

¹⁷ Tento krok predpokladá preloženie dokumentu do slovenčiny.

Forum for Environment Research. Centre for Ecology and Hydrology, Wallingford and University of Dundee, Dundee, UK.

Acreman, M. C., Dunbar, M. J., Hannaford, J., Black, A., Bragg, O., Rowan, J. & King, J. (2006) Development of environmental standards (Water Resources). Stage 3: Environmental Standards for the Water Framework Directive. Report to the Scotland and Northern Ireland Forum for Environment Research. Centre for Ecology and Hydrology, Wallingford and University of Dundee, Dundee, UK.

Acreman, M., Dunbar, M. J. (2004) Defining environmental river flow requirements- a review, *Hydrology and Earth System Sciences*, 8 (5), 861-876.

Balco, M., (1990): Malá vodnosť slovenských tokov. Veda vydavateľstvo SAV Bratislava 260 s.

Beran, M. A., Gustard, A. (1977): A study into the low-flow characteristic of British rivers. *Journal of Hydrology*, 35, 147-157, 1977.

Biamah, E. K., Sterk, G. & Sharma, T. C. (2005) Analysis of agricultural drought in liuni, eastern Africa: application of a Markov model. *Hydrol. Processes* 19(5), 1307-1322.

Bolgov, M. a Fortus, M. (1997): Stochastic models of low flow. In: Mikoš, M. (Ed.): LOC proceedings of oral presentations – FRIEND´97. *Acta hydrotechnica* 15/18 (1997), 203 p., Ljubljana, Slovenia.

Bonacci, O. (1993): Hydrological identification of drought. *Hydrological Processes*, Vol. 7, 249 - 262, 1993.

Clausen, B. & Pearson, C. P. (1995) Regional frequency analysis of annual maximum streamflow drought. *J. Hydrol.* 173, 111-130.

Demeterová, B., (2000): Analýza hydrologického sucha. Dizertačná práca. SF STU Bratislava. 120 s.

Demeterová, B., Škoda, P., (2005): Režim minimálnych prietokov na slovenských tokoch v období 1961 – 2000 na staniciach národného klimatického programu. *Meteorologický časopis* 8, 3, s.155 – 163.

Demeterová, B., Škoda, P., (2009): Malá vodnosť vybraných vodných tokov Slovenska. *J. Hydrol. Hydromech.*, 57, 2009, 1, 55-69.

Demeterová, B., Škoda, P., Magulová, R. (2005): M – denné prietoky na slovenských tokoch v období 1961 – 2000. In: *Hydrologické dni 2005*. SHMÚ Bratislava.

Demuth, S., (1993): Untersuchungen zum Niedrigwasser, in *West-Europa*. *Freiburger Schriften zur Hydrologie*, Band 1, 204 s.

Dracup, J. A., Lee, K. S. & Paulson, E. G., Jr (1980) On identification of droughts. *Water Resour. Res.* 16(2), 289-296.

Drought Management Plan Report, (2007): Water Scarcity and Droughts Expert Network,

Environment Canada (1996) HYDAT CD-ROM Version 96-1.04 and HYDAT CD-ROM User's Manual. Surface Water and Sediment Data Water Survey of Canada, Environment Canada, Ottawa, Canada.

Fendeková, M., Slivová, V., Demeterová, B., Macura, V., Zenisová, Z., Fendek, M., Gregor, M., Jalcoviková, M. (2010) Fourth International Scientific Conference: BALWOIS 2010- Conference on Water Observation and Information System for decision Support.

Fendeková, M., Fláková, R., Slivová, R., Ženišová, Z., Škoda, P., Demeterová, B., Fendek, M., Gavurník, J., Némethy, P., Krčmář, D. (2009) Influence of hydrological drought on surface water and groundwater quantitative and qualitative parameters in the Torysa river catchment, Eastern Slovakia. *Biuletyn Państwowego instytutu geologicznego* 436:109-114.

Frick, D. M., Bode, D. & Salas, J. D. (1990) Effect of drought on urban water supplies. I. Drought analysis. *J. Hydraul. Engng Div. ASCE* 116 (6), 733-753.

Gupta, V. K. & Duckstein, L. (1975) A Stochastic analysis of extreme droughts. *Water Resour. Res.*27(5), 797-807.

Gustard, A. (1993) Flow Regimes from International Experimental and Network data

Gustard, A., Rees, H., Croker, K., Diwon, J. (1997): Using regional hydrology for assessing European water resources. In: A. Gustard, et al. (Ed.): *FRIEND '97-Regional Hydrology: Concepts and Models for Sustainable Water Resource Development*, IAHS Publication No. 246.

Guyen, O. (1983) A simplified semi-empirical approach to probability of extreme hydrological droughts. *Water Resour. Res.* 19(2), 441-453.

Hisdal, H. & Tallaksen. L. M. (2003) Estimation of regional meteorological and hydrological drought characteristics: a case study of Denmark. *J. Hydrol.* 281, 230-247.

Hisdal, H., Stahl, K., Tallaksen, L. M. & Demuth, S. (2001) Have streamflow droughts in Europe become more severe or frequent? *Int. J. Climatol.* 21, 317-333.

Horn, D. R. (1989) Characteristics and spatial variability of droughts in Idaho. *J. Irrig. Drain. Engn Div. ASCE* 115(1), 111-124.

Chow, V. T., Maidment, D. R. & Mays, L. W. (1988) *Applied Hydrology*. McGraw-Hill, New York, USA.

Chung, C. & Salas, J. D. (2000) Drought occurrence probabilities and risk of dependent hydrologic processes. *J. Hydrol. Engng Div. ASCE* 5 (3), 259-268

Kašpárek, L. & Novický, O. (2004) *Metody hodnocení hydrologického sucha, Vodní hospodářství* 2/2004.

Kašpárek, L. a Novický, O. (1997) Application of a physically- based model to identify factors causing hydrological drought in western and central European basins. In: A. Gustard, et al. (Ed.): *FRIEND '97 – Regional Hydrology: Concepts and Models for Sustainable Water Resource Management*, IAHS Publ. No. 246, 197-204.

Kašpárek, L., Novický, O. (1999). Suitability to combine stochastic and deterministic approaches in estimating extreme hydrological events.

Kent, M. J. & Sull, P. (2002) Drought analysis of northern Ontario watersheds. Unpublished undergraduate project report, Department of Civil Engineering, Lakehead University, Thunder Bay, Ontario, Canada.

King, J. M., Tarme, R. A., de Villiers, M. S. (2008) : Environmental flow assessments for rivers: Manual for the building block methodology, WRC Report No. TT 354/08.

Kohnová, S., Szolgay, J., K. Hlavčová a kol. (2008): Posúdenie malej vodnosti metódou regionálnej typizácie. Záverečná správa HZ 04-296-07. KVHK, SF, STU Bratislava. 93 s.

Korsgaard, L. (2006): Environmental Flows in Integrated Water Resources Management: Linking Flows, Services and Values, Ph.D. Thesis, Technical University of Denmark.

Lawa (2001) Empfehlungen zur Ermittlung von Mindestabflüssen in Ausleitungsstrecken von Wasserkraftanlagen und zur Festsetzung im wasserrechtlichen Vollzug.

Macura, V. (2003) Charakteristika ichtyofauny ako bioindikátora kvality vybraných flyšových tokov na Slovensku, Ev. číslo projektu 274-300-2003.

Majerčáková, O., Lešková, D., Šedík, P., Čagardová, D. (1994): Flows. Report of Slovak Hydrometeorological Institute for working group Low Flows, FRIENDS project, Slovak Hydrometeorological Institute, Bratislava 1994.

Majerčáková, O., Lešková, D., Šedík, P. (1995): Selected characteristics of low flows of Slovak rivers J. hydrol. Hydromech., 43, 331-353.

Manual on Low – Flow Estimation and Prediction, (2007): Operations Hydrology Report No. 50, World Meteorological Organization, No-1029, 2008.

Maunder, D., Hidley, B. et al. (2005): Establishing Environmental Flow Requirements, Synthesis Report. The Ontario Ministry of the Environment. 76p., Conservation Ontario.

Millan, J. & Yevjevich, V. (1971) Probabilities of observed droughts. Hydrology Paper 50, Colorado State Univ., Fort Collins, Colorado, USA.

Nash, J. E. & Sutcliffe, J. V. (1970) River flow forecasting through conceptual models. Part 1. A discussion of principles. J. Hydrol. 10(3), 282-290.

Novický, O. a Kašpárek, L. Možné analýzy sucha a jejich aplikácie. In Blažková, Š., Ředinová, J., Modelling Floods and Droughts. Praha, 14.3.2008. Praha: UNESCO, VÚV T.G.M., ČVTVHS, Elbe project, 2008, s.63-68. ISBN 978-80-85900-78-1.

Novický, O. a Tremel, P. Rešerše dokumentů Evropské unie zabývajících se problematikou nedostatku vody a sucha. VÚV T.G.M.

Novický, O., a kol., (2009): Časová a plošná variabilita hydrologického sucha v podmímkách klimatické změny na území České republiky. VUV T. G. Masaryka, Praha. 95 s.

OTN MŽP SR 3113-1:04. 2007. Kvantita povrchových vód. Hydrologické údaje povrchových vód. Kvantifikácia malej vodnosti. Časť 1 Stanovenie malej vodnosti vo vodomerných staniciach.

Panu, U. S. & Sharma, T. C. (2002) Challenges in drought research: some perspectives and future directions. *Hydrol. Sci. J.* 47 (S), S19-S30.

Panu, U. S., Kent, M. J. & Sull, P. (2003) Assessment of spatial variability of droughts in northwest Ontario. In: *Bridging the Gap Between Knowledge and Practice (Proc. XVIth Canadian Hydrotechnical Conf. CSCE)*, HY-2, 1-10. Canadian Society of Civil Engineers, Ottawa, Canada.

Panu, U. S., Sharma, T. C., (2009): Analysis of annual hydrological droughts: the case of northwest Ontario, Canada. *Hydrological Sciences Journal*, 54(1), 29-42.

Parajka, J., Kohnová, S., Merz, R., Szolgay, J., Hlavčová, K., Blöschl, G. (2009) Comparative analysis of the seasonality of hydrological characteristics in Slovakia and Austria.

Paulson, E., Sadeghipour, J. and Dracup, J. A. (1985). Regional frequency analysis of multiyear droughts using watershed and climatic information. *Journal of Hydrology* 77 1,4 57-76.

Pekárová, P., Halmová, D., Miklánek, P., Pekár, J. (2008) Analýza zmien N-ročných minimálnych prietokov rieky Dunaj v profile Bratislava za obdobie rokov 1876/77-2005/06.

Petts, G. E. (2009) Instream flow science for sustainable river management, *JAWRA journal of the American water resources association*, Volume 45, Issue 5, Pages 1071-1086.

Poórová J.: Metódy vodohospodárskej bilancie. Dizertačná práca na získanie vedecko-akademickej hodnosti philosophiae doctor v odbore doktorandského štúdia: 39-41-9 *Hydrologia a vodné hospodárstvo*. 2007. STU Bratislava.

Richter, B. D., Baumgartner, J.V., Braun, P. D. (1997) : How much water does a river need? *Freshwater biology* (1997)37, 231-249.

Rossi, G., Benedini, M., Tsakiris, G. & Giakoumakis, S. (1992) On regional drought estimation and analysis. *Water Resour. Manage.* 6, 249-277.

Salazar, P. G. & Yevjevich, V. (1975) Analysis of drought characteristics by the theory of runs. *Hydrology Paper 80*, Colorado State Univ., Fort Collins, Colorado, USA.

Sen, Z. (1976) Wet and dry periods of annual flow series. *J. Hydraul. Engng Div. ASCE* 102 (HY10), 1503-1514.

Sen, Z. (1977) Run sums of annual flow series. *J. Hydrol.* 35, 311-325.

Sen, Z. (1980) Statistical analysis of hydrological critical drought. J. Hydraul. Engng Div. ASCE 106(HY1), 99-115.

Sen, Z., (1980): Regional drought and flood frequency analysis: Theoretical consideration. Journal of Hydrology, 46, No. ¾.

Sharma, T. C. (1997) A drought frequency formula. Hydrol. Sci. J. 42(6), 803-814.

Sharma, T. C. (1998) An analysis of non-normal Markovian extremal droughts. Hydrol. Processes 121, 597-611.

Sharma, T. C. (2000) Drought parameters in relation to truncation level. Hydrol. Processes 14, 1279-1288.

Shiau, J. T. & Shen, W. S. (2001) Recurrence analysis of hydrological droughts of different severity. J. Water Resour. Plan. Manage. ASCE 127(1), 30-40.

Sochorec, R., Richter, V., Kříž, V. (1965): Příspěvek k metodice zpracování minimálních průtoků. Vodohospodársky časopis č. 3, VSAV, Bratislava.

Stahl, K. & Demuth, S. (1999) Linking streamflow drought to the occurrence of atmospheric circulation patterns. Hydrol. Sci. J. 44(3), 467-482.

STN 75 1400 2000: Hydrológia. Hydrologické údaje povrchových vôd. Základné ustanovenia

STN 75 1410-1 2000: Hydrológia. Hydrologické údaje povrchových vôd. Kvantifikácia priemernej vodnosti. Časť 1: Charakteristiky denných stavov a prietokov.

Szolgay, J. (1977) : On the study of monthly low flows. J. Hydrol. Hydromech. 25, 2, 135-144. Acta Hydrologica Slovaca, ročník 9, č.2,2008, 252-261.

Szolgay, J. , Hlavčová, K. , Čunderlík, J. , Parajka, J. (1998) Vplyv očakávanej zmeny klímy na odtokové pomery a výdatnosť vodných zdrojov východného Slovenska. (Záverečná správa HZ 04-319-98) Stavebná fakulta STU, Bratislava 1999,107s.

Szolgay, J., Macura, V., A Kol., (2002): Revízia prístupov k riešeniu hydroekologických limitov na Slovensku, STU, SF KVHK, Bratislava 2002

Škoda, P., Majerčáková, O., Demeterová, B., Danáčová, Z. (2008) Zhodnotenie vývoja minimálnych prietokov na území Slovenska. Národný klimatický program Slovenskej republiky číslo 12/08.

Tallaksen, L. M. Madsen, S. & Clausen, B. (1997) On definition and modeling of streamflow deficits duration and deficit volume. Hydrol. Sci. J. 42(1), 15-33.

Tallaksen, L. M., Van Lanen, H. A. J., (2004): Hydrological drought. processes and estimation methods for streamflow and groundwater. Elsevier Developments in water science 48, 579 s.

Tennant, D. L. (1976) Instream flow regimes for fish, wildlife, recreation and related environmental resources, Fisheries 1976, 6-10.

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*, 397-441.

Todorovic, P. & Woolhiser, D. A. (1975) A stochastic model of n day precipitation. *J. Appl. Met.* 14, 125-137.

Viessman, W., Knapp, J. W., Lewis, G. L. & Harbaugh, T. E. (1977) *Introduction to Hydrology*. Harper & Row, New York, USA.

Wang, L. , Koike, T., Yang, D. ,Yang, K. (2009) Improving the hydrology of the simple biosphere Model 2 and its evaluation within the framework of a distributed hydrological model.

Yevjevich, V. (1967) An objective approach to definitions and investigations of continental hydrologic drought. *Hydrology Paper 23*, Colorado State Univ., Fort Collins, Colorado, USA.

Yevjevich, V. (1967): An objective approach to definition and investigations of continental hydrologic droughts. *Hydrology Papers, 23*, Colorado State University, Fort Collins.

Záverečná správa k úlohe SHMÚ, (2006): Hydrologické limity – malá vodnosť, Neprietokové charakteristiky malej vodnosti, Úloha SHMÚ 6321-00, Záverečná správa - 3 časť, SHMÚ, Divízia hydrologickej služby, Bratislava 2006, 105 s.

Zelenhasic, E., Salvai, A., (1987): A method of streamflow drought analysis. *Water Resour. Res.* 23(1), 156- 158.

European Environment Agency, European Topic Center on Water (2009): *Water Scarcity and Drought: towards a European Water Scarcity and Drought Network (WSDN)*. 108 s.