

VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

Rok 2000 je přípravou na nové tisíciletí

Vstupujeme do posledního roku dvacátého století, který předznamenává nadcházející tisíciletí mj. i rychlým nástupem informačních technologií. Ve všech oborech lidské činnosti vznikají zcela živelně informační systémy a začíná být problémem se v nich orientovat. Informace pro tyto systémy vznikají vyhodnocováním dat a právě data, jejich cena, dostupnost a kvalita se stávají ústředním bodem doby. Tady začíná základní problém, který potom prostupuje celým procesem rozhodování, tj. od získávání a zpracování dat, přes vznik informace až po využití informace a nakládání s ní.

Ani oborům zabývajícím se vodou jako složkou životního prostředí se tyto problémy vývoje nevyhýbají. Sbíráme totiž, pokud možno vše, co se může jednou hodit. Vždyť kapacita počítačových pamětí je téměř nevyčerpatelná. Dokážeme dostupná data sbírat, vytvářet je, měřit, ale stále nám chybí systém. A právě chybějící systém se snaží vyplnit nástroj vzniklý ve VÚV TGM pod názvem HEIS – Hydroekologický informační systém.

V jeho vývoji nyní nastává další etapa, týkající se způsobu předávání či poskytování dat. Samozřejmě, s povinností ukládat veškerá získaná data do systému HEIS začínáme uvnitř VÚV. U tradičních partnerů se snažíme o koordinaci při identifikaci a ukládání dat a datových souborů. U ostatních organizací, jako jsou průmyslové podniky, zemědělské společnosti a další uživatelé vody, ale nevíme v současné

době, jak na to. Doufáme, že posun v této problematice přinese nový vodní zákon.

Dalším problémem je verifikace dat. Jak jsem již uvedl, každý se snaží sebrat vše, a tak na úkor kvality vzniká kvantita. Chci tím říci, že naměřeným datům je nutno přisuzovat míru věrohodnosti, která vyplývá z hranic možných tolerancí. Dostáváme se k počtům pravděpodobnosti a odtud k váze a vážnosti dat, se kterými nadále pracujeme a podle kterých rozhodujeme.

Z mého hlediska je problémem též vědomost, za jakým účelem data sbíráme. Z dat sebraných pro globální účely a hodnocení nelze usuzovat na konkrétní případ a naopak vytvářet přesná data pro globální užití je nákladné. Na všechny nastíněné problémy je třeba nahlížet ekonomicky, abychom systém dokázali zaplatit. VÚV TGM se připravuje na pozici, ze které bude mít možnost vytvářet veškeré informace o vodě v přírodě, včetně informací o jejím potenciálním ohrožení znečištěním i o možnostech jeho likvidace, snížení či zamezení jeho šíření.

Přeji tedy všem kolegům hodně úspěchů v hledání efektivní cesty k informacím a těším se na to, až si v životním prostředí nebudeme mezi sebou nic tajit, protože jenom tak můžeme dosáhnout postupného zlepšení stávajícího stavu.

Ing. Jan Bouček, odborný náměstek

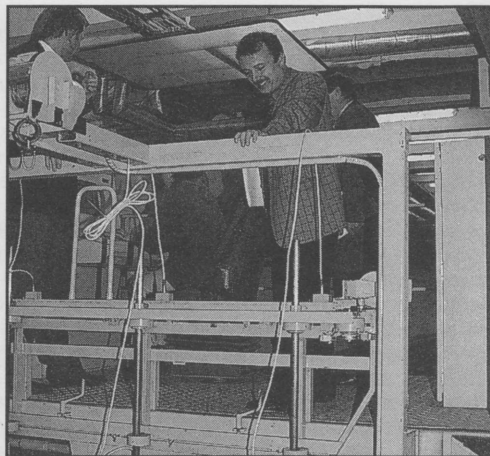
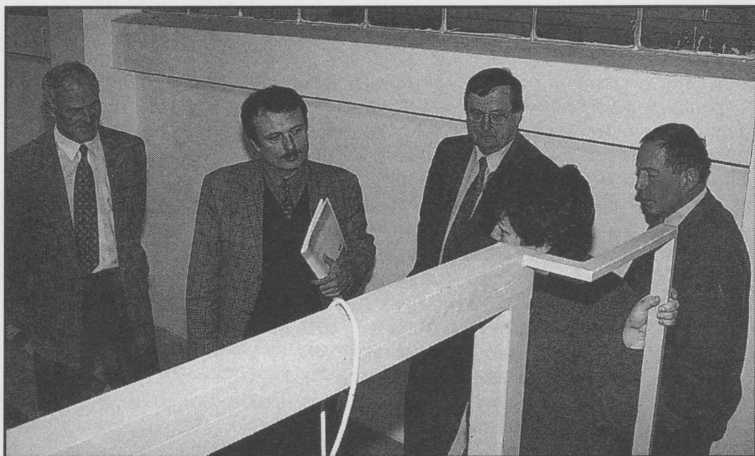
Návštěva ministra životního prostředí ve VÚV TGM

Koncem minulého roku navštívil areál ústavu ministr životního prostředí Miloš Kužvart. Stalo se tak v rámci seznámení ministra s jednotlivými pracovišti přímo řízených organizací.

Během návštěvy si prohlédl velký hydraulický model plavebního stupně Malé Březno, dále se seznámil s provozem České kalibrační stanice vodoměrných vrtulí a se sledová-

ním průchodnosti vodních toků pro migraci ryb, včetně značkovacích technik využívaných při výzkumu této problematiky.

V rámci setkání s ministrem proběhla také beseda s vedoucími pracovníky o činnosti ústavu, jeho současných problémech a výhledu do budoucna. Připojené záběry (foto L. Ramešová) zachycují ministra a jeho doprovod při prohlídce pokusného žlabu pro cejchování hydrometrických křídel.



VYHODNOCENÍ ČOV V POVODÍ ODRY PODLE LEGISLATIVNÍCH PŘEDPISŮ EVROPSKÉ UNIE

Petr Tušil

Úvod

Legislativa Evropské unie k ochraně životního prostředí (environmentální legislativa) se vytváří již více než 30 let a obsahuje do dnešního dne asi 300 právních aktů – směrnic, rozhodnutí a nařízení. Objem environmentální legislativy EU, s níž musí harmonizovat své právní a administrativní systémy přidružené země střední a východní Evropy, je však podstatně menší. Někdy je tento soubor předpisů nazýván „environmentální právo“ a označuje tu část celého „komunitárního práva“, která se zabývá přímo životním prostředím a jeho ochranou. Je to asi 70 směrnic, z nichž některé však byly již několikrát pozměněny a doplněny a mohou na ně navazovat jejich „dceřiné“ směrnice, a 21 nařízení [1]. Cílem aproximačního procesu v oblasti životního prostředí je zajistit takovou podobu národní legislativy, aby s jejím využitím bylo na 100 % možné vyhovět požadavkům legislativy EU – a to nikoliv na papíře, ale především fakticky.

V souladu s výše uvedenými fakty jsme v loňském roce zpracovávali v rámci Projektu Odra II (gesce MŽP) dílčí úkol „Vyhodnocení zdrojů znečištění podle legislativy EU“. V rámci tohoto úkolu jsme se zaměřili na vyhodnocení komunálních i průmyslových zdrojů znečištění podle dotčených legislativních předpisů EU. Komunální zdroje znečištění byly hodnoceny podle Směrnice 91/271/EHS „o čištění městských odpadních vod“ a podle Směrnice 86/278/EHS „o ochraně životního prostředí a zvláště půdy při používání čistírenských kalů v zemědělství“. Cílem úkolu je vyhodnotit podle směrnic EU všechny ČOV v povodí Odry s projektovaným počtem EO větším než 5000.

Vyhodnocení podle Směrnice 91/271/EHS „o čištění městských odpadních vod“

Základním cílem přijetí této směrnice, je ochrana vnitrozemských povrchových a mořských pobřežních vod prostřednictvím regulace, odvádění a úpravy městských odpadních vod a výpustí určitých, biologicky rozložitelných vod (tj. vod převážně vznikajících v zemědělsko-potravinářském průmyslu).

Tato směrnice ve svých 20 člancích vyžaduje, aby všechny aglomerace nad 2000 ekvivalentních obyvatel (1 EO = 60 g BSK₅/den) měly odpovídající kanalizační sběrný systém a sekundární (příměrný), tj. biologický stupeň čištění odpadních vod. Směrnice dále definuje tzv. „citlivá území“ (tj. ta vodní tělesa, která jsou nebo mohou v budoucnu být postižena či ohrožena eutrofizací), u kterých jsou následně vyžadovány ještě náročnější metody úpravy vody (odstraňování dusíku a fosforu). Ve svých přílohách směrnice určuje limitní koncentrace pro vybrané ukazatele znečištění, požadavky pro odběr vzorků, pro referenční metody sledování a vyhodnocování výsledků analýz vzorků, pro sběrné systémy městských odpadních vod, požadavky na předčištění u biologicky odbouratelných průmyslových odpadních vod a na výtoky z městských ČOV do recipientů. Časový harmonogram pro dosažení cílů uvedených ve směrnici závisí na velikosti aglomerace a na charakteru odpadních vod. Konečné požadované kvality by mělo být dosaženo v období mezi roky 1998–2005 [2].

Tato směrnice EU připouští vyhodnocování čistíren jak podle emisních koncentrací znečišťujících látek na odtoku z čistírny, tak i podle účinnosti čištění. Směrnice stanovuje také podmínky pro použití jednotlivých limitních hodnot koncentrací i účinnosti (podle počtu EO, teploty, např. ukazatel nerozpuštěných látek bere jako volitelný atd.). Dále směrnice stanovuje maximální přípustný počet nevyhovujících vzorků pro jednotlivé ukazatele znečištění, současně stanovuje maximální přípustné odchylky pro nevyhovující vzorky v jednotlivých ukazatelích (BSK₅, CHSK_{Cr} a NL), vyjádřené v koncentračních jednotkách na výtok z ČOV. Velmi podrobné jsou zde stanoveny podmínky pro referenční metody sledování a vyhodnocování výsledků analýz (tzn. požadavky na četnost vzorkování v závislosti na počtu EO, způsob odběru vzorku – 24hodinové slévané vzorky nebo slévané vzorky odpovídající průtoku). Všechny tyto požadavky jsou zahrnuty v přílohách této směrnice.

Pro vyhodnocení podle této směrnice jsme na základě úzké spolupráce s provozovateli jednotlivých ČOV v roce 1999 vybrali 10 ČOV v okresech Nový Jičín, Ostrava, Opava, Bruntál a Jeseník (tabul-

ka 1). Tyto čistírny se svými rozdílnými podmínkami, zatížením na přítoku, použitou technologií čištění a také množstvím napojených obyvatel dávají dobře využitelný a zhodnotitelný obraz situace čištění městských odpadních vod v již zmíněných oblastech povodí Odry.

Z uvedené tabulky vyplývá, že jde o čistírny s rozdílnými stupni čištění odpadních vod od mechanicko-biologického (MB) čištění až po mechanicko-biologické čištění s odstraňováním dusíku a fosforu – nitrifikace a denitrifikace a chemické nebo biologické odbourávání fosforu (MB + NP). Vyhodnocovaným obdobím byl kalendářní rok 1998, pouze v případě ÚČOV Ostrava to bylo druhé pololetí roku 1998 a u ČOV Bruntál první pololetí roku 1999.

Protože pro vyhodnocení ČOV podle této směrnice je nutné mít k dispozici všechny výsledky prováděných analýz, pokud jde o kvalitu přítoku i odtoku z ČOV za určité ucelené časové období (rok, 6 měsíců), byla v první fázi řešení nutná podrobná pasportizace jednotlivých čistíren odpadních vod. Vyhodnocení ČOV pro jednotlivé ukazatele znečištění a pro účinnost čištění jsou provedeny v tabulce 2 a v závěru příspěvku.

Dále jsme podle Přílohy I, tabulky 3 této směrnice provedli zhodnocení ČOV podle počtu ročně odebraných vzorků a odpovídajícího maximálního přípustného počtu nevyhovujících vzorků.

Vyhodnocení podle Směrnice 86/278/EHS „o ochraně životního prostředí a zvláště půdy při používání čistírenských kalů v zemědělství“

Hlavním cílem této směrnice je stanovení pravidel pro použití čistírenských kalů v zemědělství tak, aby se předešlo škodlivým vlivům na půdu, rostliny, zvířata a lidi, současně též podpora správného užití čistírenských kalů.

Směrnice ve svých přílohách stanovuje podmínky pro koncentrace těžkých kovů v půdě, na kterou je kal aplikován, koncentrace těžkých kovů v kalu a maximální roční množství těžkých kovů, které smí být vneseno do půdy určené pro zemědělství, stanovené na základě 10letého průměru. Dále směrnice definuje podmínky vzorkování a analytické metody rozboru kalů i půdy, na kterou je kal aplikován [3].

Při vyhodnocení ČOV jsme měli k dispozici výsledky analýz čistírenských kalů ze všech čistíren za ucelené časové období. Hodnocení bylo provedeno na základě průměrných koncentrací těžkých kovů v tomto období podle přílohy IB této směrnice (tabulka 3).

Závěr a doporučená opatření

Z poskytnutých informací, které jsou zahrnuty v podrobných pasportech vypracovaných jednotlivými provozovateli ČOV, jsme na základě skutečného zatížení BSK₅ na přítoku do čistírny v průběhu sledovaného období stanovili počet EO v tomto období a následně přiřadili jednotlivým čistírnám příslušné limitní hodnoty pro ukazatele znečištění.

Z vyhodnocení jednotlivých výsledků stanovení vyplývá, že u sledovaných ukazatelů kyslíkového režimu (BSK₅, CHSK_{Cr}) nedošlo u žádné z ČOV v průběhu sledovaného období (rok 1998 a první pololetí 1999) k překročení průměrných povolených limitních hodnot koncentrací na odtoku. Také počty hodnot koncentrací nevyhovujících vzorků nepřekračují maximální přípustné počty, pouze u ČOV Kopřivnice a Nový Jičín došlo ve dvou případech k překročení maximálního přípustného počtu nevyhovujících vzorků. U žádného ze stanovených vzorků nebylo zjištěno překročení maximálního přípustné koncentrace pro nevyhovující vzorky. Podobně lze u sledovaných ČOV hodnotit účinnost čištění odpadních vod, pouze u ČOV Vítkov se účinnost odstraňování CHSK_{Cr} pohybovala v průběhu roku 1998 na hranici požadovaného limitu.

Při vyhodnocení koncentrace nerozpuštěných látek (NL) na odtoku z ČOV nedocházelo ve sledovaném období k překračování stanovených limitů, nebylo zjištěno ani překročení maximálního přípustného počtu nevyhovujících vzorků, a tedy ani překročení maximálních hodnot pro nevyhovující vzorky. Účinnost odstraňování těchto látek z odpadních vod u některých ČOV se pohybovala těsně pod stanovenou minimální hranicí (Kopřivnice, Nový Jičín, Jeseník a Frenštát p. Radhoštěm).

Pro ukazatel celkový dusík (součet organické, amoniakální, dusičnanové a dusitanové formy dusíku; limit je pro ČOV 10 000 až 100 000 EO 15 mg/l, pro ČOV nad 100 000 EO 10 mg/l) nám provozovatelé, vzhledem k tomu, že se neprovádí soustavné sledování, nebyli schopni u většiny ČOV poskytnout požadované hodnoty. Hodnoty pro ukazatel celkový dusík se nám podařilo získat pouze z ÚČOV Ostrava a ČOV Bruntál, kde ve sledovaném období (druhé pololetí roku 1998 a první pololetí roku 1999) probíhalo soustavné sledování tohoto ukazatele. Protože u obou čistíren je do technologie čištění zařazena denitrifikace a nitrifikace, lze obecně z výsledků usuzovat na naléhavou potřebu intenzifikace v současné době

provozovaných ČOV, u kterých je technologie odstraňování dusíku zařazena. Průměrná roční koncentrace celkového dusíku na odtoku z ÚČOV Ostrava byla překročena o 100 % (19,6 mg/l – limit 10 mg/l), u ČOV Bruntál se koncentrace pohybovala těsně v okolí požadovaného limitu. Stejně lze hodnotit účinnost odstraňování celkového dusíku, požadované průměrné minimální procento úbytku 70 % nedosáhla ve sledovaném období ani jedna z čistíren.

Tabulka 1. ČOV v povodí Odry vyhodnocované v rámci Projektu Odra v roce 1999

Poř. číslo	Vyhodnocované ČOV	Počet EO (skutečnost v roce 1998)	Množství vypouštěných odp. vod (Q _{vyp.} 1998 – m³)	Technologie ČOV
1	Ostrava-Přívoz	273 333	32 166 700	MB + N
2	Frenštát pod Radhoštěm	13 117	3 127 482	MB
3	Příbor	4 833	1 011 740	MB
4	Štramberk	660	145 441	MB
5	Kopřivnice	14 667	2 371 610	MB
6	Nový Jičín	18 333	3 449 617	MB
7	Opava	101 305	6 272 005	MB + NP
8	Jeseník	20 800	4 541 000	MB + N
9	Vítkov	3 107	596 503	MB
10	Bruntál	18 000	2 955 000	MB + NP

Tabulka 2. Vyhodnocení ČOV podle legislativy EU (u každého ukazatele první dva řádky vyjadřují koncentraci na odtoku, druhé dva řádky minimální procento úbytku – účinnost)

Ukazatel	Název ČOV									
	Ostrava	Frenštát	Příbor	Štramberk	Kopřivnice	Nový Jičín	Opava	Jeseník	Vítkov	Bruntál
BSK₅										
koncentrace (mg/l)	7,4	9,2	6,3	7,5	16,9	17,1	5	11,9	9,5	14,4
limit dle EU (mg/l)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
účinnost (%)	95,4	90	94	93,2	87,5	85,3	98,6	88,2	91,7	91,5
minimální účinnost (%)	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
CHSK_{Cr}										
koncentrace (mg/l)	55,1	32,6	33,8	33	63,5	61,1	42	42	67	35,7
limit dle EU (mg/l)	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125
účinnost (%)	86	87	86	86	79	78	93	80	74	84
minimální účinnost (%)	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
Nerozpuštěné látky										
koncentrace (mg/l)	16	14,1	10,5	10,8	14,6	16,7	8	8,5	12	5,6
limit dle EU (mg/l)	35	35	60	není limit	35	35	35	35	60	35
účinnost (%)	95	89	90	89	88,2	85,3	97,3	87,5	82	96
minimální účinnost (%)	90	90	70	není limit	90	90	90	90	70	90
Celkový dusík										
koncentrace (mg/l)	19,6									12,4
limit dle EU (mg/l)	10									15
účinnost (%)	45,6									32
minimální účinnost (%)	70									70
Celkový fosfor										
koncentrace (mg/l)	2,6	1	2,5	2,7	4,1	3	2,8	1,34	3,1	0,36
limit dle EU (mg/l)	1	2			2	2	1	2		2
účinnost (%)	62	67	30	49	22,3	27	49,1	42	28	90
minimální účinnost (%)	80	80			80	80	80	80		80

Tabulka 3. Vyhodnocení ČOV podle obsahu těžkých kovů v produkovaných čistírenských kalech

Vyhodnocované ČOV	Ukazatele znečištění koncentrace (mg/kg sušiny)						Vyhovuje ano/ne
	Hg	Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	
Ostrava-Přívoz	3,65	101,2	2,34	160,1	1208	31,3	ano
Frenštát pod Radhoštěm	0,86	29	7	337	2210	48	ano
Příbor	3,48	80,3	2	147	862	30,6	ano
Štramberk	0,96	100	3	142	2140	21	ano
Kopřivnice	2,78	97	4	140	1295	22,8	ano
Nový Jičín	5,1	128	3,35	415	1850	41	ano
Opava	1,7	84	2,3	339	1603	27	ano
Jeseník	2,6	76	2,5	152	1090	26	ano
Vítkov	0,18	114	5	602	1810	40	ano
Bruntál	1,97	62,2	1,44	154	87,3	24,3	ano
Limitní koncentrace	16	750	20	1000	2500	300	

zhodnotit efektivnost obou způsobů odstraňování. Jednoznačně lze konstatovat, že v případě použití chemického srážení fosforu (ČOV Bruntál) nedocházelo k překračování povolených limitů, totéž lze říci i o celkové účinnosti odstraňování fosforu, která byla 90 %. Při biologickém způsobu odbourávání (ČOV Opava) se účinnost pohybovala kolem 50 %.

Z hodnocení obsahu těžkých kovů v čistírenských kalech vyplývá, že v průběhu sledovaného období ani u jedné z hodnocených ČOV nedocházelo k překračování povolených limitních hodnot podle směrnice 86/278. Tyto čistírenské kaly lze využít i pro výrobu průmyslových kompostů podle ČSN 46 5735 „Průmyslové komposty“.

Při implementaci Směrnice 91/271/EHS „o čištění městských odpadních vod“ by se měl dodržet následující postup:

- Na území celého státu je prvořadou potřebou určit „citlivé oblasti“, v nichž je či v budoucnu musí být aplikován přísnější systém nakládání s odpadními vodami (odstraňování dusíku a fosforu). Při určování těchto citlivých oblastí nelze připustit, aby rozhodování bylo ovlivněno ekonomickými úvahami.
- Musí být označeny ty aglomerace, pro něž je třeba vybudovat kanalizační systém či ČOV anebo jejichž stávající zařízení potřebuje zlepšení či modernizaci (aktualizace registru komunálních zdrojů znečištění).
- Musí být v co nejkratší době dopracovány programy rozvoje vodovodů a kanalizací územních celků (PRVKÚC pro jednotlivé okresy, v povodí Odry zbývá pouze okres Jeseník).
- V návaznosti na tento program je třeba připravit podrobnou strategii k zajištění kapitálových investic pro pokrytí nákladů na výstavbu, zlepšení či výměnu kanalizačních systémů a ČOV.
- Musí být připravena i zavedena strategie pro opětovné využití kalů z ČOV – např. v zemědělství, rekultivace, výroba průmyslových kompostů.
- Musí být zajištěno dostatečné proškolení pracovníků, kteří mají na starosti vzorkování, mělo by se využít automatických odběrových zařízení pro odběr slévavých vzorků. Měla by být zajištěna dostatečná kvalifikace pracovníků provádějících údržbu a obsluhu kanalizačních systémů a ČOV. Je třeba zvážit i potřebu dalších typů školení, zvláště pokud se týká řízení a finančního plánování.

V roce 2000 se zaměříme, v úzké spolupráci s provozovateli čistíren, na vyhodnocení ČOV v okresech Frýdek-Místek, Karviná a Bruntál.

Literatura

- [1] Návod na aproximaci environmentální legislativy Evropské unie. MŽP, Praha 1998.
- [2] Směrnice Rady z 21. května 1991 č. 91/271/EHS „o čištění městských odpadních vod“.
- [3] Směrnice Rady z 12. června 1986 č. 86/278/EHS „o ochraně životního prostředí a zvláště půdy při používání čistírenských kalů v zemědělství“.

Ing. Petr Tušil
VÚV TGM – pobočka Ostrava
tel.: 069/613 41 81

Evaluation of Wastewater Treatment Plants in the Odra River Basin According to Legislative Regulations of the European Union (Tušil, P.)

With regard to the necessity of harmonizing in the near future the national legislation with that of the European Union, the Ostrava branch of the T. G. Masaryk Water Research Institute, Prague, has launched the task „Evaluation of Pollution Sources According to the Legislation of the European Union“. In 1999, 10 wastewater treatment plants were selected in the Districts of Nový Jičín, Ostrava, Opava, Bruntál, and Jeseník.

Good results were achieved at evaluating the indicators of oxygen régime, suspended solids and heavy metals content in sludges of wastewater treatment plants. An unsatisfactory situation prevails, especially, with the indicators of nitrogen and phosphorus. The task will be carried on in other Districts of North Moravia.

VZORKOVÁNÍ – SOUČASNÉ METODICKÉ A NORMATIVNÍ ZAJIŠTĚNÍ A NÁVAZNOST NA STANDARDY EVROPSKÉ UNIE

Josef K. Fuksa

Každá informace o stavu životního prostředí, založená na měření, je výsledkem několika neoddelitelných činností, na jejichž začátku je vzorkování a analýza vzorku. Způsob provedení a jakost těchto činností je pro spolehlivost této informace zcela zásadní. Zpracování číselných údajů lze zopakovat podle novějších požadavků nebo vyhodnocovacích programů, u řady stanovení lze opakovat analýzy vzorků, nelze však opakovat vzorkování provedené na určitém místě v určitém čase. Vzorkováním (ČSN EN 5667-2) se rozumí odebrání údajně reprezentativního podílu z vodního útvaru ke stanovení různých přesně určených ukazatelů jakosti vody. Vzorkování jako proces sestává ze dvou celků:

- Vlastní provedení vzorkovacích prací, zahrnující konkrétní odběry vzorků, úpravy vzorků v terénu, transport a další činnosti až po dodání vzorků k analýzám.
- Strategie vzorkování, zahrnující práce mimo terén – plánování, volba postupů, příprava vzorkovacích programů, kontrola a řízení jakosti prací apod. – vše orientované na splnění účelu projektu a odpovídající technickým možnostem projektu.

V posledních letech se péčí ASLAB, ČIA, VÚV TGM a dalších institucí podstatně zlepšil stav metodického zajištění a řízení jakosti analytických činností a akreditace se stala běžnou součástí činnosti hydroanalytických laboratoří. Těžiště možných problémů a nejistot se tím ovšem přesouvá do oblasti vzorkování. Jak je tedy dnes vzorkování v ČR v oblasti metod, norem, akreditace a osvěty zajištěno?

Normativní zajištění

Od roku 1994 jsou postupně překladem přijímány normy ISO řady 5667 „Jakost vod – Odběr vzorků“. Tyto normy dostatečně pokrývají všechny oblasti vzorkování, včetně vody v uživatelských systémech. První tři normy jsou „strategické“ a platí proto jako nadstavba pro všechny další, které definují konkrétní typy vzorkovaných vod a složek prostředí. Dále jsou ještě k dispozici tři specializované normy pro vzorkování živých organismů, především makrozoobentosu (ČSN EN ISO 75 7705, ČSN EN 27828 a ČSN EN 28265). Norma ISO 5667-14, která platí v EU teprve od roku 1998 a zatím nebyla přeložena, popisuje zajištění jakosti vzorkování. Přehled platných norem ISO 5667 uvádí *tabulka 1*.

Normy ISO reprezentují v zemích EU základní technický standard v příslušném oboru. Jejich filozofie je ovšem taková, že nepředepisují konkrétní postupy, ale uvádějí základní požadavky na příslušné vzorkování a obecné návody, jak je vyřešit, s upozorněním na významnější úskalí problému. Konkrétní vzorkovací postupy musí být pro daný problém (projekt) zpracovány v Programu vzorkování, včetně spolupráce s laboratoří, kontroly a řízení jakosti, předávání výsledků atd. Normy uvádějí např. typy vzorkovačů použitelných pro řešení jednotlivých úkolů a vzorové protokoly o vzorkování. Protože však pojímají vzorkování jako samostatnou činnost s vlastní dokumentací, neuvádějí např. vzory předávacích protokolů, které jsou součástí dohody mezi vzorkujícími pracovníky a laboratoří a mají zaručovat identitu vzorku od jeho odběru v určitém okamžiku v určeném místě, přes analýzu po předání protokolu o zkoušce řídicímu pracovišti projektu. Důraz je kladen na spolupráci všech složek v zájmu splnění cíle projektu, o který pečuje příslušné řídicí pracoviště odpovídající za programy vzorkování a také za správnou volbu vzorkovacích bodů, dob a četností odběru, výběr analytických stanovení, tok dat, řízení jakosti atd.

Akreditace vzorkovacích prací

V ČR zatím neexistuje systém akreditace vzorkovacích prací, obdobný systému akreditace analytických prací v laboratořích, i když zákon č. 58/1998 Sb., o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových a vyhláška MŽP č. 47/1999 Sb., kterou se zákon č. 58/1998 Sb. provádí, tuto akreditaci vyžadují. Situace se ovšem řeší – ASLAB při VÚV TGM připravil návrh postupů podle normy ISO 17025 a k 31. 12. 1999 jej předal k dalšímu řízení Ministerstvu životního prostředí. V podstatě jde o zpracování Příručky jakosti pro vzorkující pracoviště, která je formálně obdobná Příručkám jakosti laboratoří. Pro vzorkující laboratoře by tedy šlo jen o příslušné rozšíření již existujících příruček, ostatní pracoviště by musela vypracovat kompletní příručky.

Osvěta

Texty norem jsou dnes dostupné a každé pracoviště, které ze zabývá vzorkováním, by je mělo mít k dispozici. Existuje již také systém školení:

1. EURACHEM pořádá již třetí rok školení pracovníků hydroanalytických laboratoří, ve kterém se vzorkování přednáší jako jedno z hlavních témat.

2. Česká společnost pro jakost zařadila do svých programů také kurzy vzorkování, zaměřené na vzorkování odpadních vod a odpadů.

3. Výzkumný ústav vodohospodářský TGM pořádá „Kurzy pro pracovníky vodohospodářských a kontrolních laboratoří“, zaměřené na všechny typy povrchových a podzemních vod a také na vody odpadní. Kurzy jsou přístupné i nelaboratorním pracovníkům a jejich náplň není vázána na laboratorní činnosti. Přípravují se další kurzy zaměřené na odpadní vody a ČOV.

Všechna tato pracoviště vydávají absolventům certifikáty o absolvování kurzů a předpokládají navazující personální certifikaci uchazečů v oboru „manažer vzorkování“, podle všeobecných pravidel personální certifikace, nezávislých na původních školicích pracovištích.

Závěr

V současné době objektivně existují všechny podmínky pro to, aby se jakost vzorkovacích prací – od strategie vzorkování po provádění vlastních odběrů – pozvedla na úroveň jakosti práce v akreditovaných laboratořích. Je zde jistě rozdíl v tom, že vzorkování přináší podstatně variabilnější situace, které je třeba řešit přímo během práce, a zajištění standardní jakosti vzorků za často „ne-standardních situací“ při vzorkování klade na pracovníky poněkud jiné nároky. To je právě předmětem metodického zajištění podle norem ISO 5667.

Tlak na používání norem ISO 5667 bude jistě důsledně uplatňován v nabídkových řízeních pro ekologicky zaměřené projekty, nejdříve pro projekty financované státem. Po zajištění standardních

Tabulka 1. Přehled norem ISO 5667 Water quality – Sampling, resp. ČSN ISO 25567 Jakost vody – Odběr vzorků

Část	Jakost vody – odběr vzorků	V ČR platná jako	Od
Pokyny pro:			
1	Návrh programu odběru vzorků	ČSN EN 25667-1	1995
2	Způsoby odběru vzorků	ČSN EN 25667-2	1995
3	Konzervaci vzorků a manipulaci s nimi	ČSN EN ISO 5667-3	1996
Pokyny pro odběr vzorků (z):			
4	Vodních nádrží	ČSN ISO 5667-4	1994
5	Pitné vody a vody užívané při výrobě potravin a nápojů	ČSN ISO 5667-5	1994
6	Řek a potoků	ČSN ISO 5667-6	1994
7	Vody a páry v kotelnách	ČSN ISO 5667-7 (?)	
8	Srážek	ČSN ISO 5667-8	1996
9	Mořské vody	ČSN ISO 5667-9 (?)	
10	Odpadních vod	ČSN ISO 5667-10	1996
11	Podzemních vod	ČSN ISO 5667-11	1996
12	Dnových sedimentů	ČSN ISO 5667-12	1997
13	Kalů z čistíren a úpraven vod	ČSN EN ISO 5667-13	1999
14	Quality assurance of environmental water sampling and handling		1998

podmínek akreditace a prokazování kvalifikace pracovišť se tak může během dvou let stát úroveň vzorkování srovnatelná se stavem v členských zemích Evropské unie. Tím mohou být všichni, tj. velké i malé organizace na trhu ekologicky zaměřených projektů, připraveni pro práci na monitoringu zajišťujícím péči o vodní prostředí podle směrnic Evropské unie, ale i na otevření hranic a novou konkurenci až do Unie vstoupíme. Na mysl je však třeba mít i to, že do vzorkování patří také „vyšší“ činnost koncepční, strategie vzorkování atd. Její metodické zajištění a standardizace je možná větší problém než řízení jakosti vzorkovacích prací v terénu.

RNDr. Josef K. Fuksa, CSc.
VÚV TGM Praha
tel.: 02/20 19 73 30

Publikace
vydané VÚV TGM
v roce 1999

Kokeš, J., Vojtíšková, D.:
Nové metody hodnocení makrozoobentosu tekoucích vod

K hodnocení kvality tekoucích vod z biologického hlediska se u nás v praxi používá především saprobní systém. Ten jako osamocené kritérium pro posuzování ekologické kvality toků nestačí.

V zahraničí existují nebo jsou vyvíjeny další metody posuzování. Některé jsou obdobou saprobního indexu (biotické indexy, BMWP, BBI, ETBI, IBGN), jiné jsou založeny na zcela jiných principech (RIV-PACS, Ekologický profil). Text publikace se snaží podat odborné veřejnosti současně základní přehled o nových i tradičních metodách, jako jsou saprobní index nebo indexy diverzity.

Metody hodnocení mohou dát smysluplný výsledek pouze tehdy, pokud byly s náležitou pozorností provedeny předcházející kroky, tj. odběr vzorků a jejich zpracování. Tyto kroky nelze opakovat, na rozdíl od vyhodnocení jednoho souboru vzorků, které lze provést mnohokrát.

Publikace vydaná VÚV TGM v roce 1999 se proto zabývá jednotlivými skupinami organismů z hlediska jejich vhodnosti pro hodnocení stavu toků, dále odběrem a zpracováním vzorků, metodami hodnocení a srovnáváním některých indexů s použitím testovacího souboru.

Výzkum pro praxi, sešit 39, 83 str., 18 tab., 27 obr.

Just, T., Fuchs, P., Písařová, M.:
Odpadní vody v malých obcích

Tato publikace vydaná VÚV TGM ve spolupráci s Agenturou ochrany přírody a krajiny v roce 1999 se věnuje nakládání s odpadními vodami v obcích zhruba do 3000 obyvatel. Jde o sídla na přechodu mezi vesnicí a městem, v nichž se mohou městské koncepce nakládání s odpadními vodami kombinovat s různorodými způsoby používanými ve vesnicích.

Naproti tomu nelze v malých obcích šablonovitě prosazovat městské schéma nakládání s odpadními vodami, spočívající ve výstavbě kanalizací a mechanicko-biologických čistíren odpadních vod. Toto schéma je nákladné a technologické procesy zpravidla nelze jednoduše miniaturizovat. Účinky malých mechanicko-biologických čistíren nejsou bez omezení. Efektivně odstraňují organické znečištění, v podstatně menší míře sloučeniny dusíku a fosforu. Zejména v odlehlejších částech vodárenských povodí přitom záleží hlavně na dusíku a fosforu. V každé obci je tedy třeba uvážlivě hodnotit místní podmínky, existující požadavky a možné postupy.

Posláním publikace je ukázat různé možnosti řešení a podmínky vhodného použití. Zatímco navrhování tradičních mechanicko-biologických čistíren odpadních vod je bohatě zajištěno speciální literaturou, známou a dostupnou projektantům, extenzivní způsoby čištění ve stabilizačních nádržích, zemních filtrech a vegetačních čistírnách jsou literárně podchyceny podstatně méně. Proto jim tato publikace věnuje větší prostor, včetně podrobnějších technických podkladů pro navrhování.

Výzkum pro praxi, sešit 40, 120 str., 7 tab., 41 obr.

K ČEMU JE FUZZY LOGIKA PŘI ODHADU EXTRÉMNÍCH POVODNÍ

Šárka Blažková

Fuzzy znamená neostrý, mlhavý, rozmazaný. V logice se původně používal termín vague (vágní). Obvykle se termín fuzzy vyskytuje ve spojení fuzzy množina, což je možno přeložit také jako množina s neurčitostí [1].

Binární logika a vícehodnotová, vágní, fuzzy logika

Přes dvě tisíciletí definuje aristotelovská binární logika, co je filozoficky správné.

Matematicky vyjádřeno, definujeme u klasických množin jednoznačně, zda prvek do množiny patří, či nepatří pomocí charakteristické funkce $\chi_A(X)$. Charakteristická funkce množiny A definovaná na univerzu X je

$$\chi_A(X) = \begin{cases} 1 & \text{jestliže } a \in A \\ 0 & \text{jestliže } a \notin A \end{cases}$$

Tato funkce zobrazuje prvky univerzální množiny na množinu obsahující jen nuly a jedničky, tj.

$$\chi_A(X) \rightarrow \{0,1\}$$

Potíže s binární logikou, tedy s určením pravdivosti, byly však známy už antickým filozofům.

B. Russel se na začátku našeho století zabýval vágností. Řekl, že tradiční logika předpokládá použití přesných pojmů, které jsou aplikovatelné pouze v ideální představě.

Je možno uvést spoustu příkladů z běžného života. Například obr. 1 ukazuje časovou osu věku a křivky mládí a stáří. S binární logikou bychom museli zavést nějaký přesný, ostrý limit, od kterého přestane označovat člověka za mladého. Neodpovídá však naše citění spíše plynulým křivkám, jak jsou naznačeny v obrázku?

Vícehodnotovou logiku rozvinul ve dvacátých letech Lukasiewicz.

Použijeme-li u charakteristické funkce místo dvouhodnotové logiky Lukasiewiczovu logiku, můžeme chápat hodnotu charakteristické funkce jako stupeň, s jakým daný prvek patří do příslušné množiny, od hodnoty 0, kdy prvek do množiny zcela jistě nepatří, až k hodnotě 1, kdy prvek do množiny zcela jistě patří.

Charakteristickou funkci budeme v tomto případě označovat jako funkci příslušnosti $\mu_A(X)$ množiny A definované na univerzu X. Funkce příslušnosti je tedy zobrazení

$$\mu_A : X \rightarrow [0,1]$$

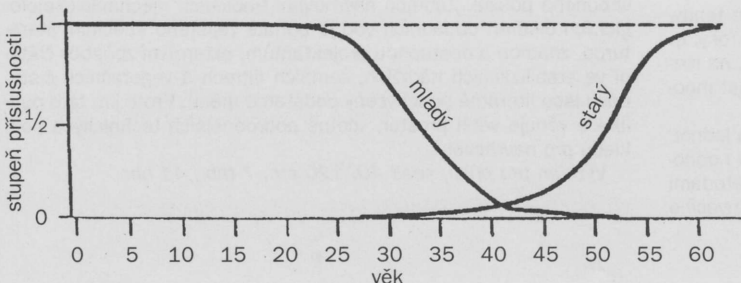
Fuzzy množinu můžeme potom formálně zapsat jako

$$A = \{ \langle x, \mu_A(x) \rangle \mid x \in X \}$$

V našem případě obr. 1 ukazuje tedy příslušnost k množině mladých a starých lidí.

Pod pojmem fuzzy logika se rozumí dvě různé logiky ovlivněné pojmem fuzzy množiny:

- Vícehodnotová logika, tj. logika s více než dvěma pravdivostními hodnotami (obecně nespočetně mnoha) zpravidla v intervalu $\langle 0,1 \rangle$.
- Lingvistická logika, tj. logika, jejíž pravdivostní hodnoty jsou jazykově vyjádřeny, např. slovy pravda, více méně pravda, částečně nepravda apod. Význam těchto pravdivostních hodnot je modelován pomocí fuzzy množin v intervalu $\langle 0,1 \rangle$ [1].



Obr. 1. Příklad funkcí příslušnosti [2]

Vágnost se uplatňuje nejen v našem každodenním životě. Má zásadní význam i ve vědě.

Věda – systémy

Einsteinův aforismus „Čím lépe matematické zákony popisují realitu, tím jsou méně přesné a čím jsou přesnější, tím hůře popisují realitu“ formuloval Zadeh [3], jeden ze zakladatelů fuzzy logiky, jako Princip inkompatibilitaty:

„Roste-li složitost systému, klesá naše schopnost formulovat přesné a významné soudy o jeho chování, až je dosaženo hranice, za níž jsou přesnost a relevantnost prakticky vzájemně se vylučující charakteristiky“.

W. Weaver [4] rozdělil problémy podle počtu proměnných ve vzájemné interakci na tři třídy:

1. organizovanou jednoduchost (metody vycházející z newtonovské mechaniky a infinitesimálního počtu, snaha o maximální přesnost, jistotu, ostrost a konzistentnost a současně snaha o vyloučení veškeré nepřesnosti, vágnosti, nejistoty, neurčitosti a inkonzistence; tyto metody však jsou použitelné jen na malý počet proměnných ve vzájemné interakci);
2. organizovanou složitost;
3. neorganizovanou složitost (statistická termodynamika; můžeme řešit problémy spojené s velmi velkým počtem proměnných ve vzájemné interakci, slevíme-li z požadavku přesné znalosti jednotlivých proměnných a budeme-li pracovat se statistickými středními hodnotami).

S problémy druhé třídy si zatím více méně nevíme rady. Do třídy organizované složitosti patří problémy popsané velkým počtem proměnných ve vzájemné interakci, které neovládáme analytickými metodami, a přitom s počtem malým na použití statistických metod. Tyto problémy jsme zatím schopni do jisté míry řešit bez jakékoliv formalizace, převážně na základě popisu vytvořeného pomocí přirozeného jazyka (to jsou metody typické pro vědy biologické, kognitivní, sociální, ekonomické atd.) [5]. Hydrologické procesy zjevně náležejí do této kategorie.

Novák [1] uvádí, že ve studiu systémů lze pozorovat dva základní směry:

1. Strukturální – snaží se popsat reálný systém z hlediska vnitřní struktury a najít principy, které vedou ke vzniku nových vlastností tohoto systému jako celku.
2. Behaviorální – popisuje systém pouze prostřednictvím jeho vnějších projevů, tj. některých měřitelných parametrů, jejichž hodnoty se v čase mění (vstupy, výstupy, popř. stavy). Předpokládá se, že jsme schopni zcela přesně určit vstup, výstup a stav systému a že přechodová a výstupní funkce jsou zcela přesně a jednoznačně zadány. Je-li však reálný systém fuzzy nebo je příliš složitý, nemusí tomu tak být.

Z hydrologických přístupů lze k bodu 1 uvést fyzikálně založené modely, s jejichž pomocí se snažíme předpovědět změny v důsledku lidské činnosti, k bodu 2 modely black box, např. jednotkový hydrogram.

V praxi může nastat několik případů, které vedou k požadavku použití fuzzy množin [1]:

- a) reálný systém je popsán pouze verbálně,
- b) jsou známy rovnice popisující chování systému, avšak nelze přesně identifikovat parametry,
- c) rovnice popisující systém jsou příliš složité a je rozumnější zformulovat na jejich základě raději verbální popis systému,
- d) reálný systém je fuzzy, a tedy na základě dat jsme schopni pouze odhadnout jazyková pravidla pro popis jeho chování.

Kombinace případů a až d není vyloučena. V hydrologii se setkáváme nejčastěji s případy b a c.

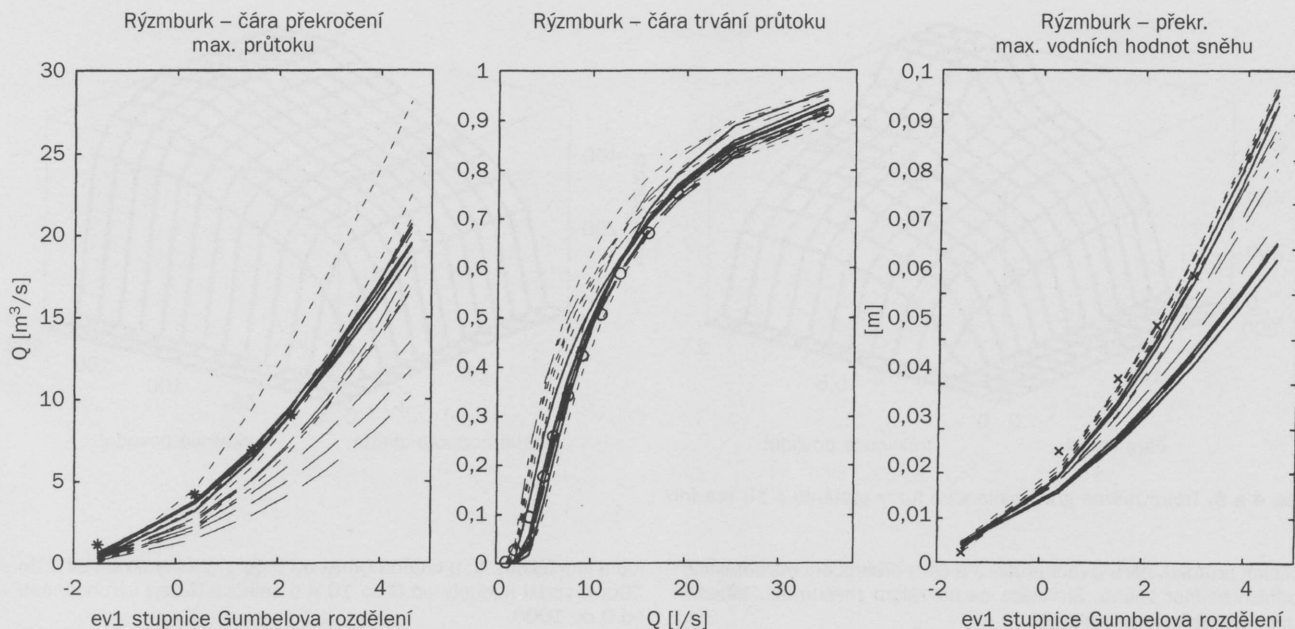
Změna paradigmatu

Řada zastánců teorie fuzzy množin se domnívá, že zásluhou fuzzy množin dochází k výraznému posunu paradigmatu, a to od tradičního newtonovského, založeného na analytickém přístupu a neomezené přesnosti, ke kvalitativnímu, beroucímu v úvahu neurčitost jako inherentní součást popisu systému reálného světa [5].

Paradigmatem nazývá Kuhn [6] množinu teorií, interpretací těchto teorií, metod atd., které jsou používány vědeckou komunitou v dané oblasti.

Klir [7] shrnuje hlavní znaky nového paradigmatu:

1. Nové paradigma umožňuje vyjádřit neredukovatelnou neurčitost při pozorování či měření v jejich nejrůznějších projevech a zahrnout ji do empirických dat. Tato neurčitost je vlastní každé takové položce.
2. Poskytuje větší možnost zvládnutí výpočtové složitosti a snižuje náklady na zpracování dat.
3. Umožňuje formalizovat problémy popsané pouze pomocí přirozeného jazyka.
4. Je mnohem bližší přirozenému lidskému uvažování.



Obr. 2. Pět nejlepších simulací podle tří kritérií a jejich fuzzy kombinace: $Q_{\max}$ (— · —), čára trvání (— · —), vodní hodnota (· · · ·), kombinace všech kritérií (—). Bodové značky jsou regionální odhad, ke kterému se příslušné kritérium vztahuje. Číselné hodnoty jsou v tabulce 1.

Změnu paradigmatu v hydrologii diskutoval Beven [8]. Hydrologický systém je natolik variabilní a heterogenní, že je v detailu nepoznatelný. Každý hydrolog má svou perceptuální představu (model), tj. způsob, jak vnímá procesy v povodí. Je to kvalitativní představa. Nepoznatelnost v praxi znamená neurčitost. Pozorování mohou být použita k redukci této neurčitosti.

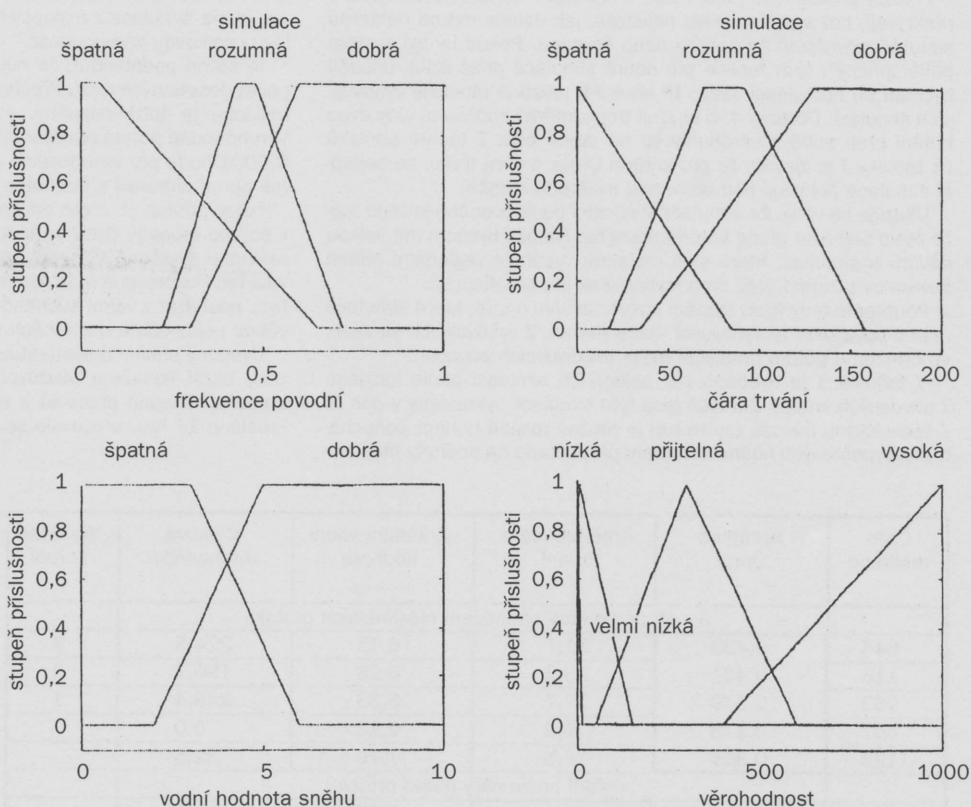
Teorie a praxe

Novák [1] upozorňuje, že vzdor tvrzení mnoha autorů nevybočuje teorie fuzzy množin ve své podstatě z rámce klasické teorie množin. Mnohem dál jde alternativní teorie množin, kterou rozvíjí asi od r. 1972 skupina pražských matematiků pod vedením P. Vopěnky.

Přesnost funkce příslušnosti fuzzy množiny představuje určitý rozpor, který neumožňuje fuzzy množinám vyjádřit podstatu vágnosti, je to však na druhé straně jejich technická výhoda. Fuzzy množiny mohou převzít roli rozumné aproximace polomnožin (nejdůležitější pojem alternativní teorie, definice např. [1]), a tak se stát technickým prostředkem pro práci s nimi.

Fuzzy množiny se ve vědě prosadily prostřednictvím aplikací, zejména z oblasti regulátorů, různých inteligentních výrobků (kamery, pračky) japonských firem. Ačkoliv se teorie začala rozvíjet od roku 1965, byla západními státy ignorována nebo napadána a neměla v nich grantovou podporu. První konference v USA byla v r. 1991, zatímco v Japonsku v té době komerční využití fuzzy logiky překročilo miliardu dolarů v ročním prodeji [2].

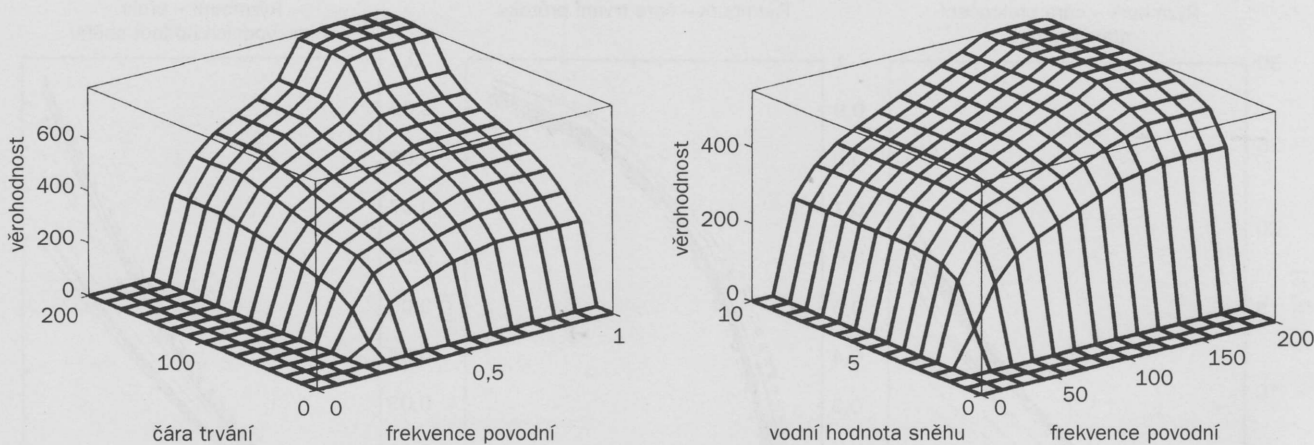
Vedle regulátorů je velmi rozšířenou aplikací rozhodování. Další aplikace však můžeme najít v nejrůznějších oblastech vědy. V dalším je vysvětlen jednoduchý fuzzy postup na bázi rozhodování pro výpočet věrohodností simulovaných řad povodní.



Obr. 3. Funkce příslušnosti (v tomto smyslu simulace znamená sada parametrů, která spolu s počtem náhodných čísel produkuje špatnou nebo dobrou simulaci)

Výpočet věrohodností povodňových simulací s využitím fuzzy logiky

Protože nejsme přesně schopni určit parametry modelu pro výpočet odtoku, postupujeme metodou GLUE (Generalized Likelihood Uncertainty Estimation [9] – zobecněný odhad věrohodnosti s neurčitostí. Z fyzikálně rozumných rozmezí parametrů vzorkujeme náhodně sady parametrů a s každou sadou simulujeme dlouhou hydrologickou řadu, z níž vyhodnotíme čáru překročení maximálních



Obr. 4 a 5. Trojrozměrné grafy zvoleného fuzzy systému s 18 pravidly

ročních průtoků, čáru trvání průtoků a čáru překročení maximálních vodních hodnot sněhu. Simulace se navzájem značně liší. Několik z nich je nakresleno v obr. 2.

Jejich věrohodnost posuzujeme ve vztahu k uvedeným charakteristikám určeným z měřených dat nebo, v případě povodí bez pozorování, z regionálních odhadů (hodnoty zakreslené jako body v obr. 2). Jako kritérium jsme zvolili převrácenou hodnotu sumy absolutních chyb simulací. Pro každé kritérium (tabulka 1) tedy platí, že čím větší hodnota, tím věrohodnější simulace.

Funkce příslušnosti jsou v obr. 3. Je vidět, že funkce se značně překrývají, což vyjadřuje naši nejistotu, jak dalece máme některou simulaci považovat za dobrou nebo špatnou. Pokud by byl systém příliš „přísný“, tedy funkce pro dobré simulace příliš úzká, dospěli bychom při kombinaci všech tří kritérií k prázdné množině vyhovujících simulací. Obrázky 4, 5 ukazují trojrozměrné zobrazení vždy dvou kritérií proti sobě a věrohodnosti na svislé ose. Z těchto obrázků i z tabulky 1 je zřejmé, že pro kritéria Qmax a čára trvání se nejlepší simulace pohybují pod polovinou možného rozpětí.

Ukazuje se však, že simulace vynikající podle jednoho kritéria může zcela selhávat podle kritéria druhého. Neměli bychom mít velkou důvěru k simulaci, která sice rozumně vystihuje regionální odhad frekvence povodní, jejíž čára trvání však je nerealistická.

Použijeme tedy fuzzy systém k rozhodování o tom, které simulace máme považovat za vyhovující (behavioural). Z vyhovujících simulací vyhodnotíme potom predikční meze maximálních povodní.

V tabulce 1 je uvedeno pět nejlepších simulací podle každého z uvedených kritérií. Zároveň jsou tyto simulace vykresleny v obr. 2. Z technických důvodů (software) je možné rozpětí hodnot ponecháno na vypočtených hodnotách (není přepočteno na hodnoty mezi nu-

lou a jedničkou), tj. u kritéria Qmax od 0 do 1, u čáry trvání od 0 do 200, u vodní hodnoty od 0 do 10 a u celkové (fuzzy) věrohodnosti od 0 do 1000.

Simulace vyhovující nejlépe podle fuzzy věrohodnosti, která byla vypočtena fuzzy systémem, jsou nakresleny plně. Protože účelem celé studie bylo určení predikčních mezí maximálních průtoků, má toto kritérium ve fuzzy systému největší váhu. Z pěti nejlepších simulací podle kritéria Qmax jsou tři mezi nejlepšími pěti podle celkové věrohodnosti, i když ne ve stejném pořadí. Simulace, které jsou nejlepší podle čáry trvání, jsou zcela nevyhovující podle Qmax. Jen jedna simulace z nejlepších pěti podle vodní hodnoty má nulu celkovou věrohodnost.

Je nutno podotknout, že nula vzniká zaokrouhlením na rozumný počet desetinných míst. Přechod od vyhovujících k nevyhovujícím simulacím je totiž pozvolný, zcela v duchu teorie fuzzy množin. Věrohodnosti potom použijeme jako váhy, přičemž simulace s váhou 0,0001 bude pro vyhodnocení predikčních mezí hrát zanedbatelnou roli oproti simulaci s hodnotou 200.

Fuzzy přístup je zcela odůvodněný nejen vzhledem k neurčitosti v popisu procesů (tedy v modelu), ale také vzhledem k neurčitosti reálného systému. V modelu pracujeme s tisíci realizací o délce tisíců let. Pozorovaná řada (existuje-li) je zřídka delší než 60 let. Může tedy pocházet z velmi suchého nebo velmi vlhkého období, přičemž vůbec nehovoříme o změnách v povodí nebo o klimatické změně.

Uvedený příklad dokumentuje, že fuzzy množiny nám poskytují nástroj bližší lidskému uvažování než klasická matematika. Přitom umožňují snadno pracovat s velkými objemy čísel. V obr. 2 je zakresleno 17 řad, pracovalo se však s 1300 řadami.

Číslo realizace	Kritérium Qmax - . . . -	Kritérium čára trvání - - - - -	Kritérium vodní hodnota	Celková věrohodnost	Výsledné pořadí
pořadí podle čáry překročení maximálních průtoků					
644	0,439	31,7	6,43	224,5	2
115	0,421	23,3	6,26	196,7	3
963	0,379	37,7	8,33	249,4	1
467	0,378	9,2	6,13	0,0	
1125	0,365	16,8	7,70	32,5	
pořadí podle čáry trvání průtoků					
1137	0,090	57,1	6,36	0,0	
436	0,141	53,6	7,57	0,0	
785	0,075	51,3	6,27	0,0	
457	0,151	50,1	8,59	0,0	
863	0,106	47,4	6,88	0,0	
pořadí podle čáry překročení maximálních vodních hodnot sněhu					
1268	0,210	11,8	8,91	0,0	
1202	0,138	11,8	8,91	0,0	
1270	0,105	7,9	8,88	0,0	
1047	0,116	15,7	8,87	0,0	
474	0,299	26,4	8,86	86,5	
další realizace v pořadí podle fuzzy věrohodnosti					
357	0,296	43,3	8,62	184,0	4
196	0,364	21,1	6,10	156,3	5

Tabulka 1. Ilustrace výsledků fuzzy pro výpočet věrohodnosti povodňových simulací

Z technických důvodů (software) je možné rozpětí hodnot ponecháno na vypočtených hodnotách (není přepočteno na hodnoty mezi nulou a jedničkou), tj. u kritéria Qmax od 0 do 1, u čáry trvání od 0 do 200, u vodní hodnoty od 0 do 10 a u celkové (fuzzy) věrohodnosti od 0 do 1000.

Literatura

- [1] Novák, V.: Fuzzy množiny a jejich aplikace. Matematický seminář SNTL, Praha 1990.
- [2] Kosko, B.: Fuzzy Thinking. Flamingo 1994.
- [3] Zadeh, L. A.: Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes. IEEE Trans. Syst. Man. Cybern., 1973, 1, 28–44.
- [4] Weaver, W.: Science and complexity. American scientist, 1948, 36, 536–544.
- [5] Vysoký, P.: Fuzzy řízení. Vydavatelství ČVUT, 1996.
- [6] Kuhn, T.: The structure of scientific revolutions. University of Chicago Press, Chicago 1962.
- [7] Klir, G. J., Yuan, B.: Fuzzy sets and applications. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1995.
- [8] Beven, K.: Towards a new paradigm in hydrology. In: Water for the Future: Hydrology in Perspective. Proc. of the Rome Symp., IAHS Publ. no. 164, 1987.

- [9] Beven, K. J.: Prophecy, reality and uncertainty in distributed hydrological modelling. Adv. in Water Res., 1993, 16, 41–51.

Ing. Šárka Blažková, DrSc.
VÚV TGM Praha, tel.: 02/20 19 72 22

What Is the Use of Fuzzy Logic for the Estimation of Extreme Floods? (Blažková, Š.)

The contribution informs generally about the principle of fuzzy logic and the possibilities of its application in the complicated environmental systems. In particular, the use for computing likelihoods of flood simulations within the framework of GLUE methodology (Generalized Likelihood Uncertainty Estimation, Beven, 1993) is shown.

Výzkum a video

Úvod

V roce 1996 probíhala v Třeboni limnologická konference. Pro jakési organizační potíže byla tato konference přímo nabita referáty bez odpočinkového času a obvyklých diskuzních kroužků. Takže ke konci přednáškami nabitého dne počal sál připomínat spíše Blaník, Oškobrh nebo jiný kopec, kde údajně spí strážci naší země. Náhle se účastníci probudili a zpozorněli. Zavínil to můj referát. Ne tím, že by byl nějak mimořádně chytrý, ale tím že byl ztvárněn jako film. To mi vniklo myšlenku věnovat se videotechnice a její pomocí získávat pozornost a zájem o danou problematiku nejen v odborných kruzích, ale také v kruzích odpovědných úředníků, kteří rozhodují o realizaci závěrů výzkumných prací.

K čemu je videotechnika vhodná?

Prvotní zájem o videotechniku ve mně vzbudily terénní práce při revitalizaci přítoků Želivky, kde mnozí zúčastnění odborníci a úředníci neměli představu, o čem vlastně mají rozhodovat. Natočili jsme přítoky i se staničením, takže jsme byli schopni ukázat téměř každý úsek diskutovaného přítoku. Když lze přiblížit skutečnost alespoň na videozáznamu, hned se diskutuje a rozhoduje lépe.

V dnešní době poslouží krátký film nahuštěný informacemi s možností znásobit schopnost vizuálního vnímání daleko lépe, diváci jej vnímají intenzivněji a osobní kontakt je posléze uskutečněn živou diskuzí.

Podobně je vhodné uvést oponentní řízení výzkumného úkolu několikaminutovou informací ztvárněnou v krátkém úvodním filmu. Videotechnika byla mnohokrát použita rovněž v terénu – jako dokumentace měření, pokusů, terénních činností, záznamů stavů kupř. koryta při různých průtocích, při hydraulických a hydrotechnických pokusech. Důležitá je také prezentace ústavu nebo výsledků úkolu nejen pro širší vodohospodářskou veřejnost, ale i pro školy a ekologickou výchovu spoluobčanů.

Odborné kruhy z mnohých důvodů nevyužívají techniku, která zpřístupní a pomůže zpracovat a rozšířit závěry mnohdy velmi důležitých a prospěšných prací. Krátký, odborný, v pravý čas a na pravém místě promítnutý dokument nejednou již pomohl rozhodnout dobrou a důležitou věc.

Audiovizuální technika ve VÚV

Ve VÚV byly natočeny krátkometrážní filmy, které mají pomoci výzkumu, rozšíření závěrů mezi vodohospodářskou veřejnost a prosazení některých metod do odborné praxe. Z nich je zatím šest uloženo v Národním filmovém archivu:

- 1. Cesty k ozdravení našich rybníků** – 9minutový, ozvučený film, týkající se současného stavu našich rybníků, příčin tohoto stavu a cest k nápravě. Je zde zdokumentováno i netradiční avantgardní odbahnění rybníků v Telči pomocí sacího bagru a možnosti jeho využití v rybníkářské i zemědělské praxi.
- 2. Negativní vliv lidské činnosti na průběh povodně** – 8minutový, ozvučený dokument, týkající se povodně na Moravě v červenci 1997. Následky by nemusely být tak děsivé, nebýt mnoha vlivů zaviněných lidskou činností. Jsou to především zástavby v inundačním území, malá propustnost mostů, nedostatečná protierozní ochrana a jiné.
- 3. Současné problémy v povodí vodní nádrže Želivka** – tento 9minutový, ozvučený film dokumentuje výsledky výzkumného úkolu

VÚV, který se zabýval příčinami znečištění přítoků VN Želivka a možnostmi zlepšení kvality jejich vody.

- 4. Terénní práce pro metodický soubor IFIM a PHABSIM** – 8minutový, ozvučený dokument zaznamenal terénní práce za účelem získání podkladů pro programy, jejichž pomocí lze mj. spočítat minimální průtoky nutné pro zachování života v tocích pod nádržími a elektrárnami. Zde konkrétně jde o Načetínský potok, tvořící hranici mezi ČR a SRN, říčku Černou a Malší v Novohradských horách.

- 5. Rybníky v hydrosféře, způsoby jejich ozdravení a těžba sedimentů** – více než 13minutový film na podobné téma jako film č. 1. Tentokrát však jde spíše o rybníky na vodárenských tocích, odbahnění vodárenských předzdrží, problémy s ukládáním sedimentů, možnosti jeho využití, ukázky zemědělských pozemků s úrodou po navážce rybníčního bahna.

- 6. Jezera Podkrušnohorské pánve** – téměř 13minutový, ozvučený film pojednává o hydrické variantě rekultivace zbytkových povrchových dolů v Podkrušnohorské pánvi. Náznorně dokumentuje terénní a laboratorní práce, nutné k zodpovězení mnoha sporných otázek a k rozhodnutí. Dále se zabývá ichtyologickým, hydrochemickým a hydrobiologickým průzkumem již zatopených jam. Kopie tohoto snímku lze získat ve VÚV; informace u autora článku.

Mimo to existují ve VÚV filmy ryze dokumentačního, pracovního charakteru, které byly cenným podkladem pro revitalizační práce na přítocích VN Želivka. Všechny hlavní přítoky jsou od pramene až po vtok do nádrže zachyceny videokamerou, po sestřihu je záznam opatřen staničením. V komentáři jsou obsaženy i problémy a příčiny znečištění vody v přítocích. Kromě toho je ve videotéce množství dokumentárních záběrů, převážně z terénních prací VÚV, které lze použít pro další filmy na objednávku.

Ing. Václav Vojtěch
VÚV TGM Praha, tel.: 02/20 19 72 96

Semináře pořádané VÚV TGM v 1. pololetí 2000

Semináře se konají jednou měsíčně, vždy ve čtvrtek od 14:00 hodin v areálu ústavu, Podbabská 30,160 62 Praha 6, v kinosále, budova C, 3. patro. S dotazy se obraťte na p. Pavla Polku; tel.: 2019 7350, e-mail: pavel_polka@vuv.cz.

9. března

„Projekt Labe III – Hydroanalytické metody – Podpora účasti ČR v MKOL“ (Ing. P. Franče, CSc., Ing. M. Kalinová, Ing. I. Nesměřák, Ing. J. Vilímc)

6. dubna

„Hydroekologický informační systém VÚV – HEIS VÚV“ (Ing. T. Herza, Ing. P. Vyskoč, Ing. V. Zeman)

11. května

„Nové poznatky o zdrojích odpadních vod a o uživatelských technologiích“ (Ing. M. Beránková, Ing. J. Hubáčková, CSc., Ing. L. Matoušová, Ing. M. Písařová, Ing. J. Pitterová)

8. června

„Informace o Základní vodohospodářské mapě“ (Mgr. A. Zbořil)

NOVÉ PŘÍSTUPY V MIKROBIOLOGII VODY

Dana Baudišová

Kultivační metody používané v mikrobiologii vody se neměly po celá desetiletí. V posledních letech se ale začal tento obor bouřlivě rozvíjet vzhledem ke zvýšeným požadavkům na jakost vody a její zdravotní nezávadnost, čímž se zvýšil i význam mikrobiologických ukazatelů. Základní mikrobiologický rozbor vody zahrnoval ukazatele uvedené v ČSN 83 0521 (Mikrobiologický rozbor pitné vody), resp. 83 0531 (Mikrobiologický rozbor povrchové vody), jako jsou koliformní bakterie, fekální (dnes termotolerantní) koliformní bakterie, enterokoky (fekální streptokoky) a mezofilní a psychofilní bakterie. Dnes se při mikrobiologickém rozboru vody zohledňuje i hledisko účelnosti a sestava použitých ukazatelů se mění podle potřeb [1]. Kromě postupného zavádění nových metod stanovení tradičních ukazatelů se začínají sledovat i ukazatele nové, které přesněji vystihují úroveň znečištění vody. Jde např. o *Escherichia coli*, salmonely, *Pseudomonas aeruginosa*, *Campylobacter*, somatické kolifágy a enteroviry. Zároveň se i do tak praktického oboru, jako je mikrobiologie vody, zavádějí některé metody molekulární biologie (hybridizace s 16S rRNA, detekce genů pomocí PCR, imunodetekce patogenů apod.) pro lepší pochopení stavu ekosystému nebo k přesnější detekci hledaných mikroorganismů.

Standardizované metody užívané v pravidelném monitoringu a srovnávacích studiích

Standardizované metody jsou základem všech pravidelných sledování jakosti vody. Jejich užívání je nezbytné pro srovnatelnost výsledků v delších časových horizontech a pro srovnatelnost výsledků poskytovaných různými laboratořemi. V současné době však dochází i ke změnám v těchto standardizovaných metodách vzhledem k postupnému přechodu na normy ČSN ISO a ČSN EN. Současně platné normy pro stanovení jednotlivých ukazatelů jsou uvedeny v tabulce 1. Další normy jsou navrženy a příslušné návrhy jsou nyní v různé fázi rozpracovanosti (*Pseudomonas aeruginosa*, somatické kolifágy, kultivovatelné mikroorganismy). Přehled všech návrhů norm byl letos zpracován v samostatném příspěvku [2].

Tabulka 1. Přehled současně platných norem pro standardizované metody stanovení mikrobiologických ukazatelů (prosinec 1999)

Ukazatel	Platná norma	Poznámky
koliformní bakterie termotolerantní	ČSN 83 0521, 83 0531	norma EN v návrhu
koliformní bakterie <i>Escherichia coli</i>	TNV 75 7835	
fekální streptokoky	TNV 75 7835	
mezofilní bakterie	ČSN ISO 7899-1, 7899-2	nyní revize normy ISO
psychofilní bakterie	ČSN 75 7841	
salmonely	ČSN 75 7842	
sulfiredukcující klostridia	TNV 75 7855	
	ČSN EN 26461-1, 26461-2	

Rychlé metody pro orientační stanovení mikroorganismů

Protože lze předpokládat, že nejdůležitější pro rychlou orientaci o kvalitě vody bude zjištění informací o případné fekální kontaminaci, následující pasáž je zaměřena na metody stanovení termotolerantních koliformních bakterií a *E. coli*. Hlavními požadavky na rychlé metody jsou:

- rychlost (perspektivní jsou metody, které poskytují výsledky do 12 hodin po začátku práce);
- jednoduchost lze posuzovat z několika hledisek: a) jednoduché očkování a inkubace vzorků, možnost provedení analýz v terénních podmínkách; b) nenáročnost z hlediska kvalifikace personálu – metoda poskytuje jasné a jednoznačné výsledky; c) jde o automatizovaný systém a lze provádět sériové analýzy velkého počtu vzorků (provedení však může být náročné na kvalifikaci personálu a přístrojové vybavení);
- citlivost a specifická (dostatečná citlivost k posouzení zdravotní nezávadnosti zdroje vody, bez falešné pozitivních a zejména falešné negativních nálezů).

Přehled rychlých metod použitelných k orientačnímu stanovení termotolerantních koliformních bakterií a *E. coli* je uveden v tabulce 2. Po tabulce následuje krátké zhodnocení jednotlivých metod.

Membránová filtrace a kultivace na membránových filtrech neposkytuje optimální podmínky pro růst mikroorganismů, krátkodobá kultivace je tak omezená. Lze použít médium 7HrFC s tím, že po

7 hodinách kultivace je možno počítat s maximálně třetinovou citlivostí oproti 24 hodinám kultivace. Alternativně lze použít chromogenní média, např. Chromagar^R (CHROMagar, Paris) či Chromocult (Merck). Zde je výraznou nevýhodou nutnost 24hodinové kultivace. Naopak výhodou je jednoduché a jednoznačné odečítání výsledků (koliformní bakterie tvoří červené kolonie, *E. coli* tmavě modré kolonie, doprovodná mikroflóra bezbarvé až žluté kolonie). Přidání antibiotika cefsulodinu potlačí růst aeromonád [3], čímž odpadá pro orientační stanovení nutnost cytochromoxidázového testu.

Metody pomnožení v tekutém kultivačním médiu (detekce založená na schopnosti kmenů růst v selektivním prostředí a na schopnosti fermentace sacharidů) představují v podstatě standardní stanovení – kvasnou zkoušku (při 37 °C) či teplotní test (při 43 °C). Fermentace sacharidů (pro stanovení koliformních bakterií se jedná o laktózu) se projev změnou barvy acidobazického indikátoru a výsledky se standardně odečítají po 24–48 hodinách. Při vyšší kontaminaci se však pozitivní reakce objevuje i dříve (po 7 hodinách při počtu přes 5 ktj *E. coli* na studovaný objem). Acidobazické indikátory jsou však ke změnám prostředí méně citlivé než chromogenní či fluorogenní substráty, charakterizující jedinou enzymatickou reakci. Metoda je kvalitativní, pro kvantitativní vyjádření výsledků je nutné provést poměrně pracnou metodu nejpravděpodobnějšího počtu (MPN).

Tabulka 2. Přehled rychlých metod použitelných k orientačnímu stanovení termotolerantních koliformních bakterií a *E. coli*

Metoda	Příklady
membránová filtrace	7HrFC médium, Chromagar s cefsulodinem
tekuté médium, fermentace	kvasná zkouška, teplotní test
tekuté médium chromogenní substrát ¹⁾	na základě aktivit enzymů β-D-galaktosidázy a β-D-glukuronidázy
tekuté médium fluorogenní substrát ¹⁾	na základě aktivit enzymů β-D-galaktosidázy a β-D-glukuronidázy (Colifast z fy Colifast Systems AS, MUG EC Broth z fy Himedia, Fluorocult z fy Merck apod.)

¹⁾ velmi často se užívá kombinace obou substrátů (např. Colibag z fy EBPI, Colilert z fy Environetics, Coliquick z fy Hach apod.)

Metody pomnožení v tekutém kultivačním médiu (detekce založená na stanovení aktivity specifických enzymů pomocí fluorogenních či chromogenních substrátů) jsou založeny na průkazu enzymatické aktivity hledané mikroflóry. Pro stanovení koliformních bakterií se využívá průkazu enzymu β-D-galaktosidázy (v některých případech za zvýšené teploty přes 40 °C) a pro stanovení *E. coli* β-D-glukuronidázy. Řada druhů bakterií z čeledi *Enterobacteriaceae* (např. druhy rodů *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Serratia*, *Yersinia*, dále druhy *Escherichia fergusonii*, *E. hermannii* a *E. vulneris*), které vykazují aktivitu β-D-galaktosidázy, nefermentují laktózu za tvorby kyseliny či aldehydu a podle definic tak nepatří mezi tzv. koliformní bakterie. Výsledky stanovení na základě aktivity tohoto enzymu mohou být proto vyšší ve srovnání se standardními testy. Pro účely rychlých orientačních metod by však tato skutečnost neměla vadit. K detekci výše uvedených enzymových aktivit se užívají fluorogenní či chromogenní substráty, popř. jejich kombinace. Bylo však prokázáno, že účinnost fluorogenních substrátů je vyšší.

Nejznámější testy jako Colilert (Environetics), Colisure (Millipore), Coliquick (Hach) a Colibag(EBPI) jsou založeny na 24hodinové inkubaci, nový typ Colilertu má sníženou dobu inkubace na 18 hodin. Vzhledem k citlivosti substrátů lze při fluorimetrickém odečítání výsledků dobu inkubace výrazně zkrátit, a to až na hodiny. Australští

AQUATEAM s.r.o.



Nabízíme přístroje pro sledování kvality pitných, technologických, odpadních vod, dávkovací čerpadla pro dávkování chemikálií

tel./fax: 0463/22306, 721929, www.AQUATEAM.cz,
e-mail: AQUATEAM@AQUATEAM.cz

autoři Davies a Apte [4] vyvinuli rychlou metodu na základě stanovení aktivity β -D-galaktosidázy při 44,5 °C za použití fluorogenního substrátu. Za 1 hodinu inkubace měřili uvolněnou fluorescenci při vlnové délce 375 nm, byla zjištěna spolehlivá detekce 3 ktj termotolerantních koliformních bakterií v 1 ml. Na tomto principu je vyvinut i automatický systém Colifast (Colifast Systems AS), který za 6 hodin inkubace poskytuje výsledky termotolerantních koliformních bakterií s citlivostí 1 ktj/100 ml. Po 7 hodinách inkubace lze získat i kvantitativní výsledky vypočítané na základě MPN. Paralelně lze zpracovat 36 vzorků. Z fyziologického hlediska však není příliš vhodná kratší doba inkubace než 1 hodina vzhledem k tomu, že jak β -D-galaktosidáza, tak β -D-glukuronidáza jsou inducibilní enzymy a růst v selektivních podmínkách přispívá k vyšší spolehlivosti výsledků [5].

Metody a přístupy dnes užívané ve speciálním výzkumu

V současné době dochází k rychlému rozvoji metod molekulární biologie a jejich využití i v aplikovaném výzkumu. V mikrobiologii vody zatím našly širší uplatnění hybridizace značených oligonukleotidových sond se specifickou oblastí bakteriální 16S rRNA a vizualizace fluorescenční mikroskopii a dále metoda polymerázové řetězové reakce (PCR) za využití primerů specifických pro určité genové oblasti hledaných mikroorganismů.

Většina prací zabývajících se hybridizací oligonukleotidových sond se 16S rRNA se týká hrubého rozlišení bakteriální populace v různých ekosystémech (sladkovodních i mořských, dále v půdě, čistírenských kalech apod.) a v neposlední řadě i fylogenetických studií. Využití 16S rRNA se zdálo být vysoce výhodné zejména pro studium evoluce bakterií, neboť obsahuje vysoce konzervativní úseky nezbytné pro finální strukturu ribozomů (a pro překlad mRNA) a zároveň variabilní úseky v ostatních oblastech. Primární struktura 16S rRNA u velkého množství bakteriálních druhů je známa, údaje o ní lze najít např. na Internetu v databázích Genbank, EMBL, DDBJ (Japanese Data Base), Ribosomal Data Base apod. Již dnes je však jasné, že i tento způsob studia bakteriální diverzity má svoje omezení. Je to především proto, že pozitivní bakteriální detekce příslušnou sondou je v první řadě závislá na aktuálním množství rRNA v buňce (tj. na růstové fázi bakterie). Bakterie v přírodním prostředí se v exponenciální fázi růstu (kdy je obsah rRNA v buňce nejvyšší) zpravidla nevyskytují, výsledky počtů bakterií cílové skupiny hledané specifickou sondou mohou být tedy významně podhodnoceny. Druhá nevýhoda je v tom, že 16S rRNA je poměrně krátká a těžko se nacházejí oligonukleotidové sekvence po jednotlivé druhy v takové délce, aby byl produkt hybridizace ještě stabilní a aby byla zároveň sekvence druhově specifická. Američané Loge et al. [6] vyvinuli sondu (s cílovou sekvencí 5'-CUCGCGAGAGCAAGCGG-3', korespondující s pozicí 1273-1289 v 16S RNA *E. coli*), s ověřenou specifickou pro řadu zástupců z čeledi *Enterobacteriaceae* (kromě *E. coli* též reagovaly např. *Citrobacter freundii*, *Erwinia herbicola*, *Hafnia alvei*, *Proteus vulgaris*, *Serratia marcescens* atd.). Angličané Fricker a Fricker [7] uvádějí možnost přímé detekce *E. coli*. Byl zároveň vypracován automatický laserový scanner (ChemSca, fy Cheminex SA), který umožňuje získat výsledky o přítomnosti a počtech *E. coli* ve vzorku během 2 hodin. Žádné další odkazy na tuto práci nebo konkrétní dosažené výsledky však nebyly nalezeny.

Polymerázovou řetězovou reakci (PCR) lze použít např. k detekci koliformních bakterií (kde se užívá primer v *lac Z* genu, kódujícím β -D-galaktosidázu) a pro stanovení *E. coli* (primer v *uid A* genu, kódujícím β -D-glukuronidázu). V současné praxi se užívá k detekci patogenů, které je obtížné kultivovat a identifikovat (např. enteroviry). Metoda je kvalitativní, v současné době lze zachytit již DNA z 3 až 10 kopií [7, 8]. Výhodou je skutečnost, že se detekuje přímo hledaná genová oblast a lze tedy zachytit i neživotaschopné nebo fenotypově negativní kmeny.

Závěr

Předložený příspěvek měl za úkol demonstrovat široké možnosti mikrobiologie, dnes již prakticky využitelné ve vodním hospodářství a hygieně vody. Je rozdělen na tři zdánlivě nesourodé části, které se zabývají různými přístupy v mikrobiologii vody, od standardizovaných analýz, přes orientační stanovení hygienické nezávadnosti vody, až k metodám molekulární biologie, u nichž lze, ačkoliv jsou stále předmětem aplikovaného výzkumu, dílčí zkušenosti již nyní využít v praxi. Přestože je možné v aplikovaných projektech účelově využívat všechny současné poznatky, je nezbytné odlišovat pravidelný monitoring s jednoznačnou povinností používání standardizovaných metodik pro srovnatelnost výsledků od prací nestandardních, kdy lze s výhodou využít všechny další možnosti, které dnešní stupeň poznání umožňuje.

Literatura

- [1] Baudišová, D.: Mikrobiologické ukazatele jakosti vody. VTEI, 1997, 9, 333–338.
- [2] Baudišová, D.: Současný stav rozpracovanosti a zavádění normy ISO a EN pro mikrobiologii vody. Zpravodaj pro hydroanalytické laboratoře, 1999, 27, 32–34.
- [3] Alonso, J. L. et al.: Differential Susceptibility of *Aeromonas* and *Coliforms* to Cefsulodin. Appl. Env. Microbiol. 1996, 62, 6, 1885–1888.
- [4] Davies, Ch. M., Apte, S. C.: Rapid enzymatic detection of faecal pollution. Wat. Sci. Tech., 1996, 34, 7–8, 169–171.
- [5] Tryland, I., Fiksdal, L.: Enzyme characteristics of β -D-Galactosidase and β -D-Glucuronidase Positive Bacteria and Their Interference in Rapid Methods for Detection of Waterborne Coliforms and *Escherichia coli*. Appl. Env. Microbiology, 1998, 64, 3, 1018–1023.
- [6] Loge, F. J., Emerick, R. W., Thompson, D. E., Nelson, D. C., Darby, J. L.: Development of a fluorescent 16S rRNA oligonucleotide probe specific to the family *Enterobacteriaceae*. Water Env. Research, 1999, 71, 75–83.
- [7] Fricker, E. J., Fricker, C. R.: Alternative Approaches to the Detection of *Escherichia coli* and Coliforms in Water. Microbiology Europe, 1996, 4, 2, 16–20.
- [8] Cleuziat, D. L., Robert-Baudouy, J.: Specific detection of *Escherichia coli* and *Shigella* species using fragments of genes coding β -D-glucuronidase. FEMS Microbiology, 1990, 72, 315–322.

RNDr. Dana Baudišová

VÚV TGM Praha, tel.: 02/20 19 72 19

New Approaches in Water Microbiology (Baudišová, D.)

In the article, divided into three seemingly incongruous parts, wide possibilities of microbiology are demonstrated, presently being practically utilizable for water management and water hygiene. Concerned are standardized (normalized) analyses of basic microbial indicators applied to regular monitoring, furthermore the approximate determination of indicators of fecal pollution for the purpose of verifying promptly the healthiness of water, and last but not least, the methods of molecular biology. Although it is possible to make a specific use of all current knowledge in the applied projects, it is necessary to distinguish a regular monitoring with the unequivocal duty to employ standardized methodologies for the comparability of results, from non-standard works when it is possible to utilize with advantage all other possibilities allowed by the present stage of knowledge.

PARS *agua* s.r.o.

- ❖ vírové lapáky písku
- ❖ měření průtoku odpadní vody

Petržilkova 14/2266
158 00 Praha 5
tel./fax: 02/5615718



**VÝVOJ
VÝROBA
DODÁVKY
MONTÁŽE
SERVIS**

- indukčních a ultrazvukových průtokoměrů
- ultrazvukových hladinoměrů
- elektrodových systémů
- měřících fekálních stanic

Kšírova 186, 619 00 Brno

tel.: 05/43214755, 43214782, fax: 05/43214755
E-mail: info@elabmo.cz, http://www.elabmo.cz

**Publikace
vydané VÚV TGM
v roce 1999**

Vostrčil, J., Tesařík, I.: Čiřiče s vložkovým mrakem

Již dlouhá léta se pro zásobování obyvatelstva a průmyslu používá povrchová voda, kterou je velmi často nutné upravovat chemickou koagulací, popř. srážením s následnou separací vzniklých vloček. V minulosti bylo téměř na celém světě, hlavně ve Francii, Anglii, USA a Japonsku, ale i v bývalé ČSSR, vynaloženo velké úsilí na výzkum a vývoj vodárenských zařízení, která by sloučila do jedné jednotky některé etapy úpravy vody a snížila tím nároky na zastavěnou plochu. Jednou z takových jednotek je zařízení na úpravu vody vložkovým mrakem, které podle svého typu zahrnuje v jedné jednotce buď všechny, nebo velkou část z následujících procesů: destabilizaci, agregaci, flokulaci, separaci, zahušťování a odstraňování kalu.

Těžištěm publikace vydané VÚV TGM v roce 1999 je obrázkový přehled hlavních typů čiřičů s vložkovým mrakem a jejich modifikací provozovaných na světě. Je zachycen jejich vývoj od počátků až po dnešní dobu. Uvádí se základní principy úpravy vody v čiřičích a jejich principiální znaky. Podrobné teoretické základy úpravy vody vložkovým mrakem najdou čtenáři v zahraničních nebo domácích publikacích, na které jsou v textu upozorněni. Oproti publikaci z r. 1972 je tato příručka rozšířena o současné poznatky z oboru sférické flokulace – o peletizaci vložkového mraku.

Publikace je určena technologům, výzkumníkům, projektantům i posluchačům vysokých škol směru zdravotního inženýrství.

Práce a studie, sešit 195, 73 str. textu, 19 obr. v textu + 141 obr. v příloze

**Publikace SVP č. 47
Vodní zdroje
v České republice**

Publikace „Vodní zdroje v ČR“ je 47. v řadě prací navazujících, aktualizujících a rozvíjejících publikace Směrného vodohospodářského plánu (SVP). Publikace přináší souhrn a uvádí hlavní charakteristiky v problematice vodních zdrojů s tím, že navazují na hodnocení prezentovanou v dokumentu SVP 1975. Detailněji jsou rozvinuty nové skutečnosti (např. hydrologické řady 1931–1980), které v mezidobí na území ČR nastaly nebo které byly z dalších pozorování zjištěny. Zpracování částí, které podmiňují tvorbu a výskyt vodních zdrojů a jejich využitelnost (zejména přírodní poměry, poměry hydrologické), samozřejmě nedosahuje podrobnosti SVP z roku 1975.

V souvislosti s přípravou této publikace bylo diskutováno vymezení některých stávajících základních pojmů a definic nových, protože navíc jednotnost vyjadřování těchto pojmů je rovněž nutné podpořit v novém vodním zákoně. Návrh uvedených definic je tedy příspěvkem k všeobecnému úsilí zpracovat novou podobu českého vodního práva a pokud je nezbytné, v této publikaci se již s těmito pojmy pracuje.

Publikace obsahuje přírodní, hydrogeologické, hydrologické poměry, problematiku jakosti vod ve zdrojích, využívání povrchových a podzemních zdrojů ČR i ochranu vod v novém pojetí.

Kromě prostých vod podzemních a povrchových zdrojů jsou zahrnuty i minerální a důlní vody. Tyto minerální a důlní vody (podle zákona č. 138/1973 Sb., o vodách, nazvané zvláštními vodami) leží podle obecně platného stavu vodního práva mimo režim povrchových a podzemních vod, ale de facto se o jiné než podzemní nebo povrchové vody nejedná, pouze mají zvláštní vlastnosti nebo zvláštní formu výskytu. Bylo by proto potřebné tyto skutečnosti v novém zákoně o vodách zohlednit a upravit i de jure.

V přílohové části je text doplněn tabulkami, grafy a mapami výskytu významných zdrojů a jejich potenciálu. Souhrnný přehled o zdrojích větších než 10 l.s⁻¹ – ať už podzemních, či povrchových – je základem registru průběžně získávaných dat o využívaných zdrojích v České republice. Zpracování i v elektronické podobě umožňuje plynulé zpřesňování a doplňování informací o zdrojích a přispívá k pohotovému rozhodovacímu procesu ve vodohospodářské problematice. Existuje zde předpoklad dalšího rozšiřování registru až do

0,116 l.s⁻¹ u zdrojů využívaných pro odběr pitné vody, jak to požadují směrnice EU (čl. č. 8 Novely návrhu směrnice Rady na zavádění struktury činností Společenství v oblasti vodohospodářské politiky).

Z grafických příloh ke kapitole o hydrologické bilanci národně vyplývá, že jedním z ukazatelů limitujících možnosti využívání zdrojů povrchových vod je velikost minimálního zůstatkového průtoku. V publikaci je uveden jednoduchý postup praktického využívání v rozhodovacím procesu, grafy poslouží pro rychlou kontrolu správnosti rozhodnutí.

Jednotlivé kapitoly soustřeďují doporučená data týkající se charakteristik povodí a možnosti srovnávání a předávání informací a respektují tak cíle novelizovaného návrhu směrnice Rady EU pro dosažení dobrého stavu vod. Naplňování tohoto návrhu a důsledná kontrola v praxi by měly směřovat k trvale udržitelnému rozvoji a trvalé možnosti užívání životního prostředí v naší republice.

Z pověření Ministerstva životního prostředí byla publikace „Vodní zdroje v ČR“ předložena k pracovnímu využití okresním úřadům, územním odborům MŽP, Ministerstvu zemědělství, Ministerstvu zdravotnictví a dalším. MŽP jako garant prací na přípravě a vydání této publikace ji též zpřístupnilo široké veřejnosti na své webové stránce: www.env.cz. V případě zájmu je možno získat další výtisky publikace „Vodní zdroje v ČR“ za 300 Kč (včetně poštovného a balného), nebo na CD za manipulační poplatek 200 Kč (včetně obalu a poštovného) objednaním na adrese VÚV TGM Brno, Dřevařská 12, 657 57 Brno.

**Ing. Marta Štamberová
VÚV TGM – pobočka Brno
tel. 05/41 32 12 24 (l. 323)**

**AIR
PRODUCTS**

- ◆ OXYDEP™ - biologická aktivace odpadních vod čistým kyslíkem
- ◆ CARBODEP™ - neutralizace odpadních vod oxidem uhličitým
- ◆ Termofilní odbourávání kalů čistým kyslíkem

AIR PRODUCTS, spol. s r.o., Ke Kablu 289, 102 00 Praha 10
tel.: 02/72119111, fax: 02/703483

**VÝROBA A PROJEKCE ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD
BIO CLEANER**

envi-pur®
s.r.o.

Kpt. Jaroše 358, 390 03 Tábor
tel./fax: 0361/251739, tel.: 0361/257214
E-mail: envipur@cbu.pvtnet.cz



Vodní díla – technickobezpečnostní dohled a.s.
Hybernská 40, 110 00 Praha 1

Vám nabízí odbornou spolupráci pro zvýšení bezpečnosti, provozní spolehlivosti a pro efektivní využívání vašich vodohospodářských děl. Vypracujeme manipulační a provozní řady, povodňové plány objektů obcí a okresů, posudky, studie, projekty aj.

Pracoviště Praha:
Hybernská 40, 110 00 Praha 1
telefon 02/2421 0805
tel./fax: 02/2421 2803
e-mail: vatbd@czn.cz

Pracoviště Brno:
Studená 2, 638 00 Brno-Lesná
telefon: 05/45 222 641 (434)
fax: 05/45 222 642
e-mail: vatbd@brno.comp.cz

VZNIK LEDOVÝCH POVODNÍ

Václav Matoušek

Co jsou ledové povodně?

Hovoříme-li o povodních, máme většinou na mysli povodně vyvolané extrémním průtokem vody v toku. Vyskytují se ale také povodně za běžného průtoku. Vyvolává je led, který ucpe koryto toku. Povodně vyvolané extrémním průtokem můžeme výstižně nazvat průtokové povodně. Povodně vyvolané ledem nazýváme ledové povodně.

K ucpání koryta ledem dochází buď extrémním nárůstem ledu za dlouhotrvajících tuhých mrazů, nebo nakupením ledu v době jeho transportu tokem. K transportu ledu tokem dochází v době mrazů i v době tání. V době mrazů se na celé řadě toků vyskytuje chod ledové kaše. Ta se v místech, kde má tok malou transportní kapacitu hromadí a kupí. Dochází k ucpávání koryta a vzdouvání vody. Často se setkáváme i s rozsáhlým ucpáním koryta ledovou kaší, a pak je vylití vody z břehů zákonité.

V době intenzivního tání spojeného s deštěm se náhle zvýší průtoky vody a v tocích se začne uvolňovat led. Nastává odchod ledu. Transport ledových ker tokem je spojen s ucpáváním koryta krami a vytvářením ledových zácp. Ve spodních úsecích toků se led koncentruje z horních úseků a přítoků a vytvářejí se zde velké zácpy, které způsobují zátopy.

Ledové povodně se vyznačují extrémními stavy vody na krátkém úseku toku. Téměř běžně se dosahuje hladiny stoleté vody. Z historie ale víme, že v určitých případech může ledová povodeň zasáhnout tok v délce několika desítek km. Za příklad může sloužit dolní Berounka, kde byly zatím zaznamenány nejčastější a neškodlivější ledové povodně. Ve čtyřicátých letech se zde vyskytly čtyři povodně, při nichž byly dosaženy nebo překročeny hladiny stoleté vody.

Existují tedy tři případy ledového vzniku ledové povodně, které dále popíšeme. Poznání příčin vzniku ledové povodně je základní podmínkou pro nacházení způsobů ochrany před ledovými povodněmi.

Extrémní zarůstání koryta ledem

Je samozřejmé, že rychlost růstu ledu závisí na velikosti mrazu a že dosažená tloušťka ledové pokrývky je úměrná délce trvání tuhých mrazů. Velká tloušťka ledové pokrývky může přinést problémy při tání a odchodu ledu, ale nepředstavuje extrémní záležitost koryta. Tímto výrazem označujeme stav, kdy led vyplňuje téměř celý průtočný profil a úroveň ledu dosahuje až břehových hran. Takové zalednění se skutečně na mnoha menších tocích vyskytuje a při zimní prohlídce jsme udiveni, jak mohl led vystoupit tak vysoko nad dno a jak se mohlo takové množství ledu vůbec vytvořit. Náš údiv podporují zjištění v místech s propadlou pokrývkou. V nich nacházíme malý průtok a malou hloubku vody a překvapivě zjišťujeme, že voda není vůbec v kontaktu s ledem. Led se tvoří z vody a je pro nás záhadou, jak se led nad hladinou mohl vytvořit. Pokusíme se tuto záhadu objasnit a v krátkosti vysvětlit, jak dochází k extrémnímu zarůstání koryta ledem.

V zimě prodělávají některé toky obrovské proměny. Platí to zejména o tocích, kde se tvoří dnový led. Ten se tvoří především v tocích s kamenitým nebo balvanitým, popř. šterkopiskovým dnem a malou hloubkou vody. Relativně velká rychlost vod zde způsobuje, že se za mrazu tvoří vnitrovodní led, který se zachytává na kamenech dna.

Má-li se tvořit dnový led, musí být splněna teplotní a rychlostní podmínka pro tvorbu vnitrovodního ledu. Teplotní podmínka požaduje přechlazení vody a rychlostní podmínka rychlost vody, která bude nejméně tak velká jako mezní rychlost v_r , udávaná vztahy odvozenými autorem [1, 2]. Aby se tvořil převážně dnový led, musí většina částecek vnitrovodního ledu dosáhnout dna a dále se musejí mýt na čem zachytit. Částčky se zachytávají na kamenech, a proto je podmínkou pro tvorbu dnového ledu šterkopiskové, kamenité nebo balvanité dno.

Z prvotních ledových částecek vytvořených na hladině a stržených do proudu vzniká vznášený led, který se zachytí na kamenech dna nebo na již dříve zachycených částkách na dně. Ledové částčky rostou v přechlazené vodě a zvětšují se zachycenými částčkami vznášeného ledu. Tak vzniká a postupně narůstá dnový led. Nenarůstá rovnoměrně ve stejné tloušťce po celém dně, ale nerovnoměrně, protože je vázán k jednotlivým kamenům. Zachytává se především na kameny, které nejvíce vyčnívají nad dno. Tvoří se baly na jednotlivých kamenech, které narůstají a spojují se v jeden celek, a pak nalézáme celé dno pokryté velmi nerovným dnovým ledem. Dno se vlivem ledu postupně zvyšuje, a tím se zvyšuje i hladina vody. U méně drsného dna, jakým je šterkopiskové dno a dno z drobných kamenů, se vlivem dnového ledu zvyšuje i jeho drsnost, což také způsobuje zvýšení hladiny.

Dnový led nepokrývá dno vždy rovnoměrně. V korytě, které nemá jednotnou hloubku, ale má brody a tůně, či přirozené prahy ve dně, se vnitrovodní led usazuje především na kamenech těchto prahů a tvoří ledové prahy.

Ledové prahy nebývají od sebe příliš vzdálené a vytvářejí dočasnou kaskádu zdrží. Ledový práh je rostoucí pevný jez, před kterým se zadržuje a vzdouvá voda výš a výš. Vzduším se mění hydraulické poměry v korytě. Zvětšuje se hloubka vody a zmenšuje její rychlost. Tím vznikají podmínky pro tvorbu ledové kaše a rychlejší růst břehového ledu.

Spolu s dnovým ledem se většinou tvoří břehový led. Zpočátku jen ve velmi úzkém pruhu podél břehů, kde je velmi malá hloubka a rychlost vody. Led vytvořený u břehu se zatápí vodou vlivem zvyšující se hladiny. Voda vylitá na led na něj namrzá, tvoří se náledě. Led u břehu trvale narůstá se zvyšující se hladinou. Ale neroste jen jeho tloušťka, ale také šířka. Břehový led trvale roste, i když velmi pomalu. Jeho růst je závislý na hloubce, ale především na rychlosti vody.

Vlivem zvětšující se drsnosti koryta se hloubka vody postupně zvětšuje a rychlost vody se proto snižuje. Vytvářejí se stále lepší podmínky pro rozšiřování břehového ledu. Břehový led se šíří stále rychleji a hladina se postupně pokrývá ledem od břehů. Tím se zvětšuje omočený obvod, hydraulický poloměr se zmenšuje a rychlost vody se podle Chézyho rovnice snižuje. Nepoklesne-li průtok vody, musí se hladina vody zvýšit, aby korytem protekl dřívější průtok. Takto hladina pozvolna stoupá a uzavírá se ledem od břehů.

Led u břehu, v této první etapě vývoje, vyroste do tloušťky rovné vzdušité vody, která se běžně pohybuje mezi 30 až 40 cm. U ledových prahů to bývá více. U úzkých koryt se setkáváme s hodnotami kolem 1 m.

V této první etapě vývoje se voda akumuluje v korytě a v limnigrafických stanicích zaznamenáváme pokles průtoku. Akumulace vody a pokles průtoku je větší v případě tvoření ledových prahů. Tento pokles průtoku se většinou nesprávně přisuzuje vlivu mrazů na povrchový odtok.

Tok zamrzá postupně. Nejdříve zamrznou úseky s nejmenším sklonem a nejvyšším ledovým prahem. Nad nimi je nezamrzlý úsek a ten stále produkuje vnitrovodní led, který přichází až do zamrzlého úseku a ukládá se v něm, ucpává jej. To vyvolává vylévání vody na led a narůstání tloušťky ledové pokrývky tvořením náledě. Zároveň se vzdouvá hladina. Po určité době se zamrzlý úsek vyplní vnitrovodním ledem natolik, že hladina vystoupí do úrovně, kdy již ledová kaše není strhávána pod okraj pokrývky a kupí se před ním do ledového koberce. Ten promrzá a vzniká pokrývka z ledové kaše.

Tam, kde se tvoří vysoké ledové prahy, vznikají před nimi zdrže, které mají proměnnou hloubku. U ledového prahu je největší a směrem proti toku se vlivem sklonu dna zmenšuje. V místě největší hloubky jsou nejmenší rychlosti vody a hladina zde zamrzne rozšiřováním břehového ledu nejdříve. Výše ve zdrži se ještě tvoří vnitrovodní led, který pítéká do zamrzlého úseku a ukládá se v něm – ucpává jej. Průtočný profil se zmenší a hladina vody se zvýší. Zvýšená hladina umožňuje rychlejší růst břehového ledu výše proti vodě a ledová pokrývka se rozšiřuje směrem proti proudu až postupně dosáhne konce zdrže. Po zamrznutí nejsou ledové prahy příliš patrné, protože spodní voda pod ledovým prahem se vlivem uzavírání průtočného profilu ledovou pokrývkou a jeho ucpávání vnitrovodním ledem postupně zvyšuje a hladiny se téměř vyrovnávají.

Z popisu vývoje zamrzání toku vyplývá, že největší tloušťky dosáhne ledová pokrývka v místech nejmenšího sklonu, kde se nejdříve vytvořila. Pokrývka zde zvětšuje svou tloušťku vrchním namrzáním vylité vody na led a spodním namrzáním vlivem pronikání chladu k spodnímu povrchu. V ostatních úsecích se pokrývka vytvoří později a doba růstu je kratší.

V místech velkého sklonu dna se pevná pokrývka tvoří z ledové kaše prosycené vodou. Vrchní část kaše není prosycena a částečně izoluje prosycenou část před působením mrazu, a tím se tloušťka pokrývky omezuje. K růstu tloušťky ledové pokrývky významně přispívá sněžení a sněhová pokrývka. Sníh na ledové pokrývce se prosytí vodou a zmrazne ve vrstvu sněhového ledu.

Proces zamrzání či proces tloušťnutí a plošného rozšiřování ledové pokrývky probíhá několik dní. Nakonec téměř celý tok zamrzne. Ledová pokrývka je však velmi různorodá. Nemá jen různou tloušťku, ale je i z různého ledu a její pevnost je velmi rozdílná.

Zamrznutím toku dochází k tepelnému zaizolování hladiny ledovou pokrývkou proti mrazivému ovzduší, výměna tepla s mrazivým ovzduším téměř ustává a začne se projevovat přítok tepla z podloží, z podzemních vod a z práce sil vnitřního tření. I když jsou tyto přítoky tepla velmi malé, postačí v dané situaci izolovanou hladinu k tomu, aby se nepatrně zvýšila teplota vody. Voda nejdříve ztratí přechlazení a přestane se tvořit led. Po nepatrném zvýšení teploty nad 0 °C se začne uvolňovat led ode dna. Jeho útvary, což jsou především hroudy, se dávají do pohybu a pod ledovou pokrývkou nastává

odchod dnového ledu. Uvolnění dnového ledu není náhlé, ale postupné. Postupuje po toku od místa počátečního uvolnění, což je místo přítoku podzemních vod.

Uvolněný dnový led je transportován tokem a dochází k místnímu ucpávání koryta a vylití vody na led. Vylévání vody na led podporuje zvýšený průtok vody. Uvolněním ledových prahů a dnového ledu vůbec nastává prázdnění zdrží a uvolňování zadržované vody v korytě. V době mrazů se náhle zvýší průtok vody. Pro tento hydrologický paradox jsme neměli dříve vysvětlení.

Vlivem postupného odchodu dnového ledu se v tomto období setkáváme na toku s několika jevy současně. V některých úsecích se voda vylévá na led a ledová pokrývka tloušťce tvořením náledě, v jiných úsecích pozorujeme naopak pokles hladiny a propadnutí ledové pokrývky. První poklesy hladiny se vyskytují v místech přítoku podzemních vod do toku, tento jev nám přítok velmi dobře identifikuje. Přítok podzemních vod má u malých toků významný vliv na vznik a vývoj ledu v toku. Význam přítoku závisí na tom, jak je vydatný ve vztahu k průtoku v toku. V místě vydatného přítoku se netvoří dnový led a koryto nezamrzá.

Postupně odejde dnový led z celého toku, dnu se vrátí jeho původní hydraulické vlastnosti a hladina klesne na původní stav. Při klesání hladiny ztrácí ledová pokrývka svou oporu. Je-li velmi pevná, zůstane nad hladinou a nedeformuje se, pružná pokrývka se prohne a dosedne na hladinu. Většinou se však prolomí a dosedne na dno.

Pokrývka, která se neprolomí, vyvolává za odchodu ledu v době tání ledové zácpy. Poloha pokrývky zákonitě vyvolává za chodu ledových ker vznik totální zácpy.

Odchodem dnového ledu nastává nová etapa vývoje ledu v toku. Ledové poměry v toku jsou velmi rozdílné. Setkáváme se s volnou proudnicí, ale také s extrémním rozsahem zalednění koryta. V místech s extrémním zaledněním se pokrývka nepropadne, ale zůstane trčet nad hladinou a poměry se v takovém místě nemění. Mění se tam, kde se pokrývka propadne nebo prolomila.

Prolomená pokrývka zasahuje do průtočného profilu, voda proudí v dutinách pod krami pokrývky, ale také se vylévá na tyto kry a namrzá na nich, tvoří se náledě. Tloušťka náledě stále narůstá. K jejímu významnému zvětšení přispívá sněžení, ale také zvětšení mrazů. Mimořádný vliv na růst ledu v korytě má kolísání průtoku způsobované především provozem vodních děl. Přirozené zvýšení průtoku způsobuje inverze v ovzduší, kdy je na horách teplo a slunečno a v nížině mráz a zataženo nízkou oblačností. Na horách taje sněhová pokrývka a dochází ke zvýšení průtoku v tocích.

O rozsahu náledě a ucpání koryta ledem rozhoduje především doba trvání mrazů. Gilfilian a kol. [3] udávají, že na jimi sledované aljašské řece vyrostl led vlivem náledě od 25. října do 20. dubna na tloušťku kolem 2 m.

V tocích s popsáním režimem narůstá led po celé období mrazů, je to režim s největší produkcí ledu. V tocích s jiným vývojem ledu během mrazů je období, kdy led neroste, a pak se v nich samozřejmě vyskytuje méně ledu.

Nebezpečné odchody dnového ledu

V širokém korytě, které nemá přirozené prahy ve dně, se led vyvíjí jinak, než popisujeme v předchozí kapitole. V tocích s větší rychlostí vody se břehový led nerozšiřuje nebo jen velmi pomalu a nemůže vyvolat zamrznutí široké hladiny, jak k tomu dochází u úzkých koryt. Široké koryto nezamrzne a trvale se v něm tvoří dnový led. Jestliže tuhé mrazy trvají delší dobu, dosáhne tloušťka dnového le-

du překvapivě vysoké hodnoty. Celá hladina je trvale otevřená a v toku se tvoří největší možné množství ledu.

Dnový led má jednu vlastnost, která hraje rozhodující roli ve vývoji ledu a jeví v toku. Tento led se uvolňuje ode dna při nepatrném zvýšení teploty vody nad 0 °C. Toto nepatrné zvýšení teploty v krátkém úseku toku vyvolává např. intenzivnější sluneční svit, a to i v době mrazu. Při růstu dnového ledu se v korytě zadržuje voda. Jestliže se dnový led uvolní, začne se koryto prázdnit.

Uvolnění dnového ledu velké tloušťky způsobuje velkou průtokovou vlnu spojenou s transportem velkého množství ledové hmoty. Vlna se pohybuje rychle dolů po toku a prudce se zvětšuje. Vlna, kterou lze přirovnat k sněhové lavině, nezasahuje jen část toku s dnovým ledem, ale zasahuje mnohem níže, kde je nakupená ledová kaše a zadržovaná voda. Procházející vlna tyto akumulace ledu a vody uvolňuje a bere s sebou. Tak vlna narůstá a stává se ničivější.

Příkladem těchto jevů je horní Otava. Největší vlna vody a ledu zde byla v poslední době zaznamenána 4. 1. 1997. V limnigrafické stanici Rejštejn dosáhla tloušťka dnového ledu 1,02 m. Vlna proběhla stanicí v době mezi 10:00 h a 11:00 h. V té době mrzlo, teplota vzduchu činila -3 °C, bylo zataženo, oblačnost byla hustá a vítr měl velmi malou rychlost. Vypočetli jsme, že tepelný tok měl hodnotu 10 W/m², čili voda se oteplovala.

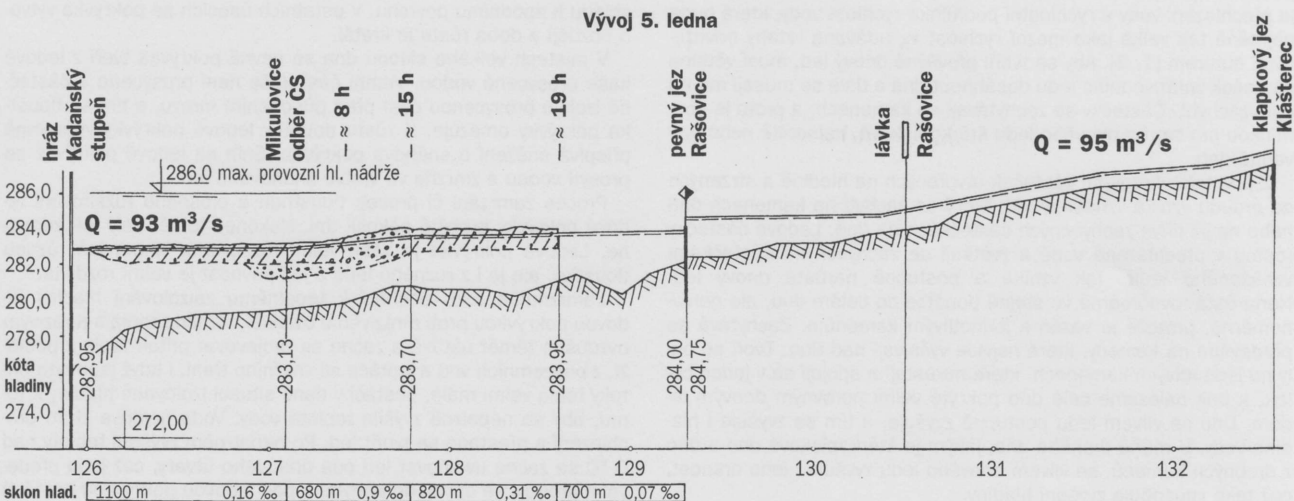
Uvolnění podstatné části dnového ledu proběhlo velmi rychle – ve stanici Rejštejn v průběhu necelé hodiny. Podle našeho rozboru se průtok ve stanici zvýšil z 0,8 m³/s na asi 9,6 m³/s. Vzniklá vlna prolomila ledový nápeč ve zdrži Radešov, nápeč u mostu do Annína a ledové prahy pod Annínem, odnesla jejich led a zadržovanou vodu a významně nabyla na razanci. Kapacita koryta nestačila k jejímu převedení a pod Annínem vnikla do inundace a po její spádnicí se řítila kempem Annín. Podstatná část ledové hmoty se uložila nad silničním mostem u obce Dlouhá Ves, kde je pod mostem práh ve dně a řeka zde mění ostře směr o 90 stupňů. Ve stanici Sušice, vzdálené po toku od stanice Rejštejn 16 km, byl zaznamenán vzestup průtoku ve 13:00 h a vrcholu bylo dosaženo kolem 14. hodiny. Maximální průtok v Sušici činil asi 40 m³/s.

Popisovaný případ z horní Otavy představuje extrémní vlnu, která má malou četnost výskytu. S malou vlnou se však setkáváme velmi často a dokonce se může za určitého počasí vyskytovat každý den. Jestliže je v noci tuhý mráz, vytvoří se ledové prahy a před nimi se zadržuje voda. Přes den je teplé slunečné počasí, teplota vody se nepatrně zvýší a nastane uvolňování dnového ledu a ledových prahů. Ledové prahy se prolomují, dnový led postupuje tokem a postupně vzniká vlna s ledovou hmotou, která se pohybuje rychle tokem. Tento jev a jeho tragické následky popisují Pondělíček a Macoun [4]. K tomuto jevu dochází především koncem února a začátkem března, kdy se v noci ještě vyskytují tuhé mrazy, ale intenzita slunečního záření je již velká a během dne je na sluníčku vysoká teplota.

Náhlé průtokové vlny s ledem představují velké nebezpečí pro pochůzkáře a zaměstnance, kteří pracují v korytě toku nebo jeho blízkosti. Vlna většinou přichází bez výstražných signálů a její příchod je tak rychlý a nenadálý, že před ní nelze utéci. Proto je nutné na toto nebezpečí neustále upozorňovat a u zaměstnanců, kteří v zimě kontrolují vodní toky, by taková výstraha měla být součástí školení o bezpečnosti práce.

Na uvážení je, zda by se nemělo veřejně oznamovat nebezpečí a vyhlašovat zákaz vstupu k nebezpečným tokům v době možného výskytu samovolného odchodu dnového ledu, obdobně jako se to děje v případě lavin.

Obr. 1. Vývoj ledového nápeču v nádrži Kadaňský stupeň v lednu 1979



Povodně za chodu ledové kaše

Toky s větší rychlostí vody nezamrzají ledovou pokrývkou, ale tvoří se v nich vnitrovodní led. Jestliže se vnitrovodní led nezachytí na dně, vyrostou částice ledu do velikosti, kdy už je proud neudrží, potom vyplavou na hladinu, kde se dále shlukují a rostou. Vzniká ledová kaše.

Ledová kaše prochází tokem a tam, kde narazí na překážku, se začne hromadit a kupit. Nejčastější překážkou je ledová pokrývka, kterou zamrznou jezové zdrže nebo obecně úseky toku s malou rychlostí vody. Tam, kde je menší rychlost vody, je také menší transportní kapacita toku, pokrytí hladiny kaší se zvětšuje a dochází i k ucpání hladiny. Kaše sama v takovém místě vytvoří překážku na hladině. Transport ledu je narušen, před překážkou se hromadí ledová kaše do vrstvy, a když potom dostoupí do míst s větší rychlostí vody, nastane její strhávání pod hladinu. Stržená kaše se usazuje pod překážkou a ucpává průtočný profil. Tvoří se ledový nápěch, který definujeme jako nahromadění ledové kaše v korytě vodního toku, což významně zmenšuje průtočný profil a způsobuje vzdutí vody.

Ucpávání koryta neprobíhá jen prostým usazováním kaše. U širokých toků dochází k jejímu sesouvání či štosování. Usazená kaše musí vzdorovat svou vnitřní pevností třecí síle, kterou vyvozuje proudící voda. V široké řece je třecí síla velká a tloušťka vrstvy ledové kaše utvořená usazováním je nedostatečná na to, aby svou vnitřní pevností překonala tuto třecí sílu, a proto se po vytvoření určité délky prolomí. Proudící voda snese vrstvu ledové kaše níže po toku a zkomprimuje ji a vytvoří větší tloušťku, která dokáže vzdorovat třecí síle.

Při sesuvech dochází k radikálnímu ucpávání koryta natlačováním kaše. Tím se narušuje původní proudění pod vrstvou ledové kaše rozložené do úzké štěrbinu u dna. Proud se koncentruje a vytváří v ledové kaši proudovou dutinu. Ta se tvoří tam, kde je kupení ledové kaše nejmenší a kde jsou podmínky pro pohyb vody nejprůpustnější. Tak zjišťujeme, že proudová dutina není na konkávní straně oblouku, kde je běžně proudnice, ale právě na opačném břehu. V dutině je velká rychlost vody a dochází v ní k erozi – a to jak dna, tak především ledové kaše.

Ledové nápěchy dosahují většinou délky mnoha kilometrů. U dlouhých nápěchů se vedle drobných sesuvů setkáváme i s velkými, které dávají do pohybu ledovou masu v délce i několika kilometrů. Při těchto sesuvech dochází k největšímu vzdutí vody.

Ledové nápěchy vznikají v určitých místech téměř pravidelně a správci toku tato místa většinou znají. Vývoj nápěchu závisí na počasí a průtoku vody. Nápěchy, které v minulosti nezpůsobily žádné škody, nás mohou za jiných podmínek překvapit.

Povodně za odchodu ledu

V době intenzivního tání spojeného s deštěm se náhle zvýší průtoky vody a v tocích se začne uvolňovat led. Nastává odchod ledu. Ten probíhá na všech tocích téměř shodně. Na toku jsou velmi rozdílné rychlostní, teplotní a morfologické poměry, a proto odchod ledu nezačíná po celém toku současně. Nejdříve dojde k rozlámání v místech, kde je pokrývka nejtenčí a nejméně pevná, tj. především v místech s větší rychlostí vody nebo s teplejší vodou. Teplejší voda je v nezamrzlých úsecích, kde se může ohřát výměnou tepla s teplejším ovzduším a v místech přítoku teplých vod. Pod těmito místy je ledová pokrývka oslabena a nastávají zde první pohyby ledových ker.

Úseky s oslabenou pokrývkou mají malou délku, a tak se první transport utvořených ledových ker omezuje na krátkou vzdálenost. Ledové kry se zastavují před ledovou pokrývkou, která má větší pevnost než ta, která se již rozlámala. Kry se před touto pokrývkou hromadí a jejich míra kupení závisí na rychlosti vody. Ta se vlivem zvyšování průtoku v době oblevy zvyšuje, a tak se kupení ker zvětšuje. Kry ucpávají průtočný profil, vzdouvají vodu a tlak na pokrývku, která zadržuje kry, se zvětšuje. Zvyšuje se i termické působení vody na tuto pokrývku. Voda má již větší teplotu, protože se ledová pokrývka rozlámala a úsek s volnou hladinou se prodloužil až do místa nakupených ker.

Nakonec se ledová pokrývka pod vlivem termického oslabování a narůstajícího hydrostatického i hydrodynamického namáhání prolomí a nakupený led se dá do pohybu. Prolomením se zvětšuje hydrodynamické působení proudu na pokrývku. Není to již jen působení přitékajícího průtoku, ale i působení nahromaděné vody, která se šíří tokem v podobě vlny. Na čele vlny jsou velké rychlosti vody, které odlamují ledovou pokrývku. Zároveň spolupůsobí prudký nárůst hloubky vody.

Vlna se v toku zplošťuje a po určité vzdálenosti její účinek pomine, hydrodynamický účinek proudu klesne a nedokáže již rozrušovat ledovou pokrývku. Čelo masy ledových ker se zastaví a proces se opakuje. Nastává kupení ker, ucpávání koryta a vzdouvání vod. Tvoří se nová ledová zácpa – tentokrát již z většího množství ledu, a proto je nebezpečí, že bude mohutnější a s větším vzdutím.

Zastavení pohybu masy ledových ker nezpůsobuje jen pevná ledová pokrývka, ale také ostré oblouky a zúžení koryta. V těchto místech je snižená transportní kapacita koryta pro ledové kry a ty zde ucpou koryto a zablokují se v něm. Další pohyb či jejich průchod je možný až po zvětšení průtočného profilu zvýšením hloubky a také jejich rozrušením na menší části a částečným roztátím. Při zastavení pohybu masy ledových ker je velmi časté spolupůsobení ledové pokrývky a oblouku nebo zúžení koryta.

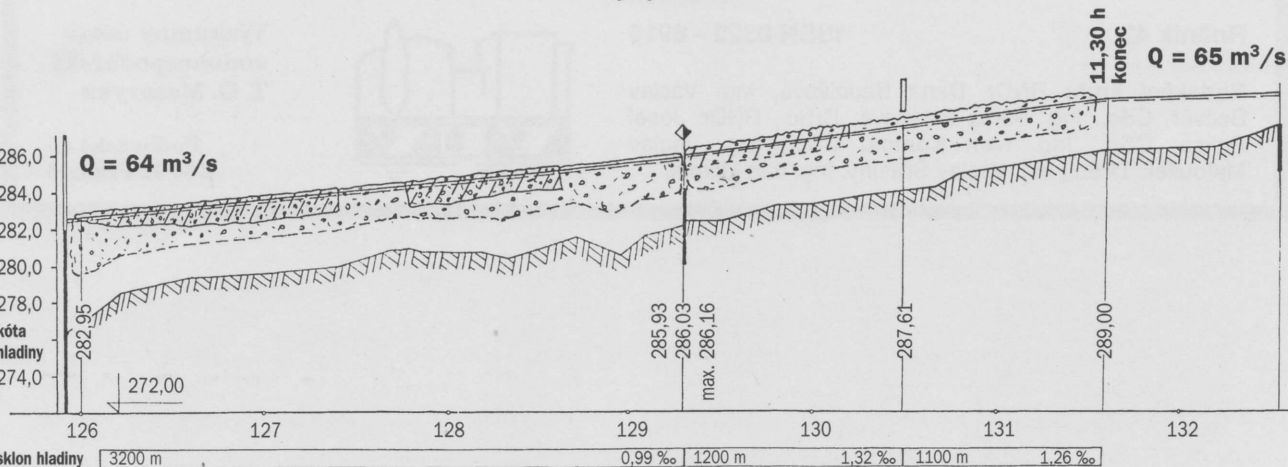
Popsaný proces probíhá většinou na několika úsecích horního toku. Na horním toku narůstá průtok vody velmi rychle. To je způsobeno velkou svažitostí terénu a s ohledem na vyšší nadmořskou polohu také vlivem většího množství srážek. Proto je logické, že odchod ledu nastává nejdříve na horním toku. Lokální počáteční odchody ledu se postupně propojují v jeden. Protržená zácpa putuje dolů tokem, jako průtoková vlna s masou ledových ker, která před sebou rozrušuje ledovou pokrývku a narazí na dolní zácpu. S touto zácpou se spojí a většinou způsobí její protržení. Obě zácpy postupují společně jako jedna vlna. Tím se odchod ledu propojuje.

Jak postupuje odchod ledu tokem, zvětšuje se transportované množství ledu. Většinou se také zvyšuje průtok. Spolu s vzestupem průtoku klesá počet zácp. Při určité hodnotě průtoku nastane stav, kdy masa ledových ker postupuje tokem téměř plynule, rozrušuje před sebou pokrývku, prolamuje zácpy a odnáší led s sebou. Reka se takto očisťuje od ledu a průtok, za kterého se tak děje, se nazývá očistný.

Očistný průtok nemá ani pro určitý tok jednu hodnotu. Jeho velikost závisí na pevnosti ledové pokrývky, která se mění v závislosti na době trvání teplého počasí, čili na době, po jakou je pokrývka termicky narušována, na rozsahu zalednění toku a tloušťce ledové pokrývky v době začátku odchodu ledu a také na tom, za jakého průtoku tok zamrzl.

Obtížnost odchodu ledu závisí na tom, za jakého průtoku se tvoří ledové zácpy. Ledové zácpy se vyskytují v době od začátku od-

Vývoj 8. ledna



chodu ledu po očištění toku od ledu, tj. v intervalu průtoku iniciačního a očištění. Jestliže tok zamrzne za malého průtoku, bude iniciační i očištění průtok malý. Zácpy se budou proto vyskytovat také za malého průtoku a maximální hladiny dosáhnou relativně nízké úrovně. Jestliže tok zamrzne za velkého průtoku, bude iniciační i očištění průtok velký a zácpy se budou tvořit za velkého průtoku. Maximální hladiny vyvolané zácpaní budou vysoké.

Ledová zácpa vzniká všude tam, kde je znemožněn průchod ledu za jeho odchodu v době tání. Průchodu ledu může zabránit překážka na hladině nebo nedostatečná transportní kapacita koryta. Podle rozsahu a způsobu nakupení ker rozeznáváme zácpu povrchovou, koncentrovanou a totální. V menších tocích se vyskytuje především totální zácpa, a to zejména tam, kde je malá hloubka vody a kry jsou rozměrné. Kry se při svém ponoření opírou o dno a překážku na hladině a obsáhnou celý průtočný profil. Voda protéká jen dutinami mezi krami. Takové zatarasení koryta vede k prudkému a rychlému vzdutí hladiny. Když voda dosáhne výrazně větší hloubky, kry již nedosedají na dno a tvoří se koncentrovaná zácpa. Úsek, ve kterém kry dosahují až na dno koryta, není dlouhý. Mnohdy však postačí k tomu, aby se voda vylila z břehů a obtékala zácpu.

V mělkých tocích začíná většina zácpy jako totální a až jejich další vývoj rozhodne o tom, zda se přemění v koncentrovanou. V hlavě totální zácpy je velká rychlost vody a velké tepelné i mechanické namáhání ker, a proto někdy dochází i k částečnému uvolnění a přeměně zácpy. Pod hlavou zácpy je i velká eroze dna.

Prolomení ledové zácpy představuje nejnebezpečnější ledový jev. V korytě pod zácpaní nastává bouřlivý chod strmé vlny masy ledových ker a vody, která před sebou rozrušuje led v korytě a bere jej s sebou. Mechanismus, který způsobuje prolomení zácpy, není dosud příliš prozkoumaný.

Způsob prolomení závisí na podmínkách před čelem zácpy. Nejjednodušší situace je v případech, kdy zácpu zadržuje krátký úsek ledové pokrývky, který se neuvolnil kvůli nevhodné geometrii koryta, např. kvůli ostrému oblouku. Prolomení pak může nastat pouhým zvýšením hladiny, které uvolní pokrývku.

Nejčastěji však zadržuje zácpu dlouhý úsek souvislé pokrývky. V tomto případě dochází k prolomení jiným způsobem. Po vytvoření zácpy se v ledové pokrývce začnou tvořit propary. Ledová pokrývka je nyní mnohem více tepelně namáhána. V toku nad zácpaní se uvolnila hladina od ledu, voda neztrácí teplotu rozpouštěním ledové pokrývky, ale naopak se otepluje působením teplého ovzduší. Teplota vody se výrazně zvýšila a zvětšila se i rychlost vody. Výsledkem je rychlé tání spodního povrchu pokrývky. Při tání hraje významnou roli rychlost vody. Ta je největší v proudnici a bezprostředně před čelem zácpy. Proto se v těchto místech tvoří propary nejdříve. Propary uvolní pokrývku a zácpa se posune, popř. prolomí.

Článek přináší poznatky získané při řešení grantového projektu reg. č. 205/98/0064, který se uskutečnil za finanční podpory Grantové agentury ČR.

Teplota vody pod zácpaní závisí na délce zácpy. Jestliže je zácpa dlouhá, voda se v zácpaní ochladí a její působení pod zácpaní je malé. Pokrývka se tepelně příliš nenaruší a k prolomení zácpy dojde až po delší době vlivem zvýšeného průtoku. Takové prolomení je doprovázeno velkou vlnou, která přináší škodlivé následky.

Literatura

- [1] Matoušek, V.: Tepelné a ledové procesy v tocích. Práce a studie, sešit 192, VÚV TGM, Praha 1998.
- [2] Matoušek, V.: Ledový režim s dnovým ledem. Odborný text k videofilmu stejného názvu, 1998.
- [3] Gilfilian, R. E., Kline, W. I., Osterkamp, T. E., Benson, C. S.: Ice formation in a small Alaskan stream. Proc. of the Banff Symposia „The role of snow and ice in hydrology“. UNESCO-WMO-IAHS, 1972, 505–513.
- [4] Pondělíček, V., Macoun, Z.: Mimořádné zimní jevy na tocích v horských a podhorských oblastech. Sborník, 5. Symposium „Teplotný a ladový režim tokov a nádrží“, Povodie Váhu, Piešťany 1988.
- [5] Matoušek, V.: Ledové povodně. In.: Protipovodňová ochrana a její management II. Katedra hydrauliky a hydrologie, FSV ČVUT, Praha 1999.
- [6] Matoušek, V.: Ledové nápěchy. Odborný text k videofilmu stejného názvu, 1999.

Ing. Václav Matoušek, DrSc.
VÚV TGM Praha, tel.: 02/20 19 73 82

Origin of Floods Caused by Ice (Matoušek, V.)

In the article, the nature of floods caused by ice is explained, and the ways of their origin are presented. Floods caused by an extreme flow may be called „flow floods“, whereas floods caused by clogging the river-bed with ice are called „ice floods“. The clogging of a river-bed occurs either by an extreme growth of ice during long-lasting severe frosts, or by accumulation of ice in the course of its transport by the flow. The transport of ice by the flow may occur in the time of frosts as well as in the time of melting.

Hence there exist three cases of possible origin of an ice flood, and they are described in the article. An extreme overgrowing of the river-bed by ice is accompanied by a less known phenomenon: dangerous departures of bottom ice.



**VODOHOSPODÁŘSKÉ
TECHNICKO-EKONOMICKÉ
INFORMACE**

Ročník 42

ISSN 0322 - 8916

Redakční kruh: RNDr. Dana Baudišová, Ing. Václav Bečvář, CSc., Ing. Šárka Blažková, DrSc., RNDr. Josef Fuksa, CSc., Ing. Ivan Koruna, CSc., Ing. Václav Matoušek, DrSc., Ing. Václav Šťastný, Ing. Jan Vlímeček

Kontakt: Mgr. Josef Smrták – redaktor, VÚV TGM
Tel.: 02/20 19 72 82, fax: 02/311 38 04,
e-mail: josef_smrtak@vuv.cz



**Výzkumný ústav
vodohospodářský
T. G. Masaryka**

**Podbabská 30
160 62 Praha 6**