

VTEI

10
1988

VODOHOSPODÁŘSKÉ
TECHNICKO - EKONOMICKÉ
INFORMACE

O B S A H

70 let československého vodního hospodářství (J.Beneš) 331

VODNÍ TOKY A NÁDRŽE

Povodně v povodí Jihlavy v dubnu 1988

(A.Polišenský - J. Saňová - B.Kulasová) 335

ODPADNÍ VODY

Typy aktivovaných kalů (A.Sladká) 347

Zásady správného provozu ČOV (M.Sýkora) 354

ZÁSOBOVÁNÍ VODOU

Použití hydrogenuhličitanu sodného při úpravě

pitné vody (P.Pulkrab - T.Švarc) 358

SOUBORNÉ INFORMACE

Přístupy moderní statistiky ke zpracování

experimentálních dat (V.Dobeš) 363

Na 3.straně obálky kresba E.Šourka

70 LET

ČESKOSLOVENSKÉHO

VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ

ing. J. Beneš, MLVD ČSR

70. výročí samostatného československého státu je vhodnou příležitostí k zamyšlení nad výsledky dosavadního vývoje vodního hospodářství v tomto období.

Bohatá historie rozvoje československého vodního hospodářství v tomto období je současně i dokladem toho, jak rozvoj každého odvětví souvisí s celkovým vývojem země, s jejími politickými a hospodářskými poměry i zeměpisnými a klimatickými podmínkami.

První období od r. 1918 do r. 1945 navázalo zcela zákonitě na tradice vodního hospodářství v českých zemích a na Slovensku. V souladu s potřebami rozvoje tehdejší společnosti řešilo v té době vodní hospodářství především lokální problémy. Mezi větší akce tohoto období patří výstavba 14 přehrad s objemem cca 224 mil. m³, pokračující splavňování Vltavy a Labe, výstavba vodovodů ve větších městech atp. Na konci tohoto období bylo v ČSR upraveno přes 7000 km vodních toků a v provozu bylo 34 nádrží s celkovým objemem 264 mil. m³, na veřejný vodovod napojeno 40 % obyvatel, v domech, napojených na kanalizaci, žilo 30 % obyvatel. Poměry na Slovensku však byly daleko nepříznivější, hluboko pod celostátním průměrem.

Po porážce fašismu r. 1945 a únoru 1948 dochází k rychlému rozvoji vodního hospodářství. V rámci plánovitého řízení celého národního hospodářství bylo třeba systematicky řešit i vo-

dohospodářské problémy. Vláda Československé republiky rozhodla o vypracování Státního vodohospodářského plánu (1948-1953), který byl v té době prvním dokumentem svého druhu, jenž v takové šíři a hloubce zmapoval vodohospodářské poměry celého státu, stanovil linii dalšího rozvoje vodního hospodářství a položil základ k vybudování vodního hospodářství jako samostatného národohospodářského odvětví, jehož dalšími vývojovými stupni bylo zřízení Ústřední správy vodního hospodářství v roce 1953 a vydání nového zákona č. 11 o vodním hospodářství z 23.3.1955.

V souladu s potřebami rozvoje národního hospodářství byla první etapa poválečného vývoje věnována výstavbě velkých vodních děl s převážně energetickým využitím, především vltavské a vážské kaskády a dalších nádrží o celkovém objemu přes 2000 mil. m³, které dodnes přispívají k stabilizaci energetické soustavy. Na jejich výstavbu bylo věnováno 47 % všech vodohospodářských investic v tomto období.

Rozvíjela se i výstavba vodovodů a kanalizací, na kterou bylo vynaloženo zhruba 40 % investic. Oproti dřívější etapě byly výrazně omezeny úpravy toků na ochranu před povodněmi. V souvislosti s rychlým rozvojem průmyslu došlo v tomto období k výraznému růstu znečištění toků. Za rozvojem průmyslu i sídlištních aglomerací se opozdila výstavba odpovídajících čistíren odpadních vod. Důsledkem byl enormní nárůst znečištění vodních toků, což vyvolalo kampaň za čistotu vod a následnou výstavbu odpadních vod průmyslových i městských.

Šedesátá léta jsou poznamenána dozníváním výstavby velkých vodních děl s energetickým využitím. S rostoucí potřebou vody souvisí nutnost rozvoje vodních zdrojů a vodárenských systémů. V širším měřítku se začínají provádět úpravy toků, zejména v souvislosti s výstavbou socialistického zemědělství. K nejvýznamnějším akcím k ochraně a zúrodnění půdy patří bezesporu komplexní vodohospodářské úpravy východoslovenské a Moldavské nížiny a později i jižní Moravy. Nastoupený trend růstu potřeby vody signalizuje nebezpečí brzkého vyčerpání zdrojů

a nedostatku vody. Mění se názory na vodu jako na základní podmínku života, nenahraditelnou surovinu při výrobě, ale i důležitou součást přírodního a životního prostředí státu.

Nová koncepce rozvoje vodního hospodářství, rozpracovaná v letech 1970 - 74 v rámci Směrných vodohospodářských plánů ČSR a SSR, zahájila novou etapu vývoje našeho vodního hospodářství. V souladu s celostátní linií se i ve vodním hospodářství přistoupilo k intenzifikaci. Postupně se začala prosazovat racionalizace hospodaření s vodou, což mělo za následek i stagnaci a snížení odběrů povrchové vody. Významným podnětem k intenzifikaci hospodaření s vodou byly i problémy v zásobování pitnou vodou některých oblastí státu v suchých letech 1982-83. Bylo nutno přejít od extenzivních postupů k důsledné intenzifikaci všech činností při nezbytném zabezpečování výstavby zdrojů pitné vody a čistíren odpadních vod. Současně však bylo třeba daleko důsledněji provádět opravy, rekonstrukce a modernizaci vodohospodářských základních prostředků, do té doby zanedbávaných.

Nové přístupy k řešení vodohospodářské problematiky vyvolal i rychlý rozvoj jaderné energetiky a občanské výstavby i narůstající negativní důsledky antropogenních vlivů včetně znečištění ovzduší a následné degradace lesů v pramenných oblastech. Bylo nutno se zabývat i důsledky zemědělské velkovýroby a zhoršováním čistoty povrchových i podzemních vod.

Toto období je charakterizováno postupným navrhováním nadřazených vodohospodářských systémů - vodárenských a vodohospodářských soustav, které by postupně měly převzít komplexní řízení jednotlivých vodohospodářských oblastí. Tato skutečnost přirozeně vyvolává potřebu mnohem náročnějšího a dokonalejšího řízení vodního hospodářství s využitím dispečerského a automatizovaných systémů řízení. Přejít k této kvalitativně nové strategii rozvoje vodního hospodářství zahájené v polovině osmdesátých let, potvrdil XVII. sjezd KSČ, který zdůraznil strategii urychlení sociálního i ekonomického rozvoje a přijal rozhodnutí o přestavbě hospodářského mechanismu.



vodní toky a nádrže

Povodně v povodí Jihlavy v dubnu 1988

ing. A. Polišenský - RNDr. J. Saňová - ing. B. Kulasová, ČHMÚ Brno

Povodně na tocích jsou v našich geografických poměrech běžným přírodním jevem, s jehož výskytem - ovšem s různou četností - je možno počítat v každém měsíci roku. Povodně v malých povodích mají specifický charakter, jsou většinou způsobeny přívalovými dešti a vyznačují se rychlým průběhem i tím, že je těžké určit přesné místo spadu srážek. Nelze proto před nimi včas varovat, jako se to běžně uskutečňuje u povodní ve velkých povodích. Vzniklé škody u povodní v malých povodích bývají i z těchto důvodů obvykle relativně mnohem větší než u velkých povodí.

Taková byla i povodeň, k níž došlo 20. dubna 1988 ve večerních a nočních hodinách v povodí horní Jihlavy. Bouřky spojené s průtržemi mračen a krupobitím se vyznačovaly nejen vysokými srážkovými úhrny, ale i mimořádně velkými intenzitami. Nejvíce bylo zasaženo povodí Kozlovského potoka (levostranný přítok Jihlavy), dále pak bezejmenného potoka v Přímělkově, povodí Brtnice a Jihlávky (pravostranné přítoky Jihlavy).

Plocha povodí Kozlovského potoka při ústí do Jihlavy měří 20,67 km², délka toku je 8,10 km, lesnatost 20 %. Lesy se nacházejí hlavně v horní části povodí a na prudších svazích, zejména poblíž toku na jeho levé straně. Průměrný sklon údolí je 1,38 % a příčný sklon (Herbstův spád) je 7 %. Součinitel tvaru povodí je 0,32 (což odpovídá vějířovitému tvaru).

Protože se jedná o toky, na nichž neprobíhají pravidelná pozorování, bylo nutno provést podrobné místní šetření a určit výši srážek i průtoků.

Tímto rozhodnutím byla ještě umocněna potřeba zpracování nové dlouhodobé strategie rozvoje vodního hospodářství; podnikům a družstvům bude totiž nutno dát konkrétní podklady pro jejich rozhodování o požadavcích na využívání vodních zdrojů. Současně bude třeba stanovit kritéria a bariéry, dané celospolečenskými potřebami a omezenými možnostmi vodních zdrojů. Významnou roli při zajišťování těchto úkolů by mělo sehrát nové vydání Směrného vodohospodářského plánu, do něhož by měly být promítnuty všechny dosavadní poznatky a skutečnosti. Přípravy již byly zahájeny; s ukončením se počítá na počátku devadesátých let.

Hodnotíme-li tedy zpětně uplynulých 70 let, můžeme konstatovat, že československé vodní hospodářství dosáhlo významných úspěchů a čestně se vyrovnalo s úkoly, jež vplynuly z potřeb rozvoje celého národního hospodářství. Nešlo přitom v žádném případě o úkoly malé, navíc byla situace ovlivňována poměrně nepříznivými geografickými a klimatickými podmínkami.

V dalším období se naše vodní hospodářství musí zaměřit především na rozvoj vodních zdrojů a ochranu jejich kvality a na čištění odpadních vod v rámci Ekologického programu. Zvýšenou pozornost bude nutno věnovat i běžné údržbě základních prostředků, ale především jejich rekonstrukci a modernizaci.

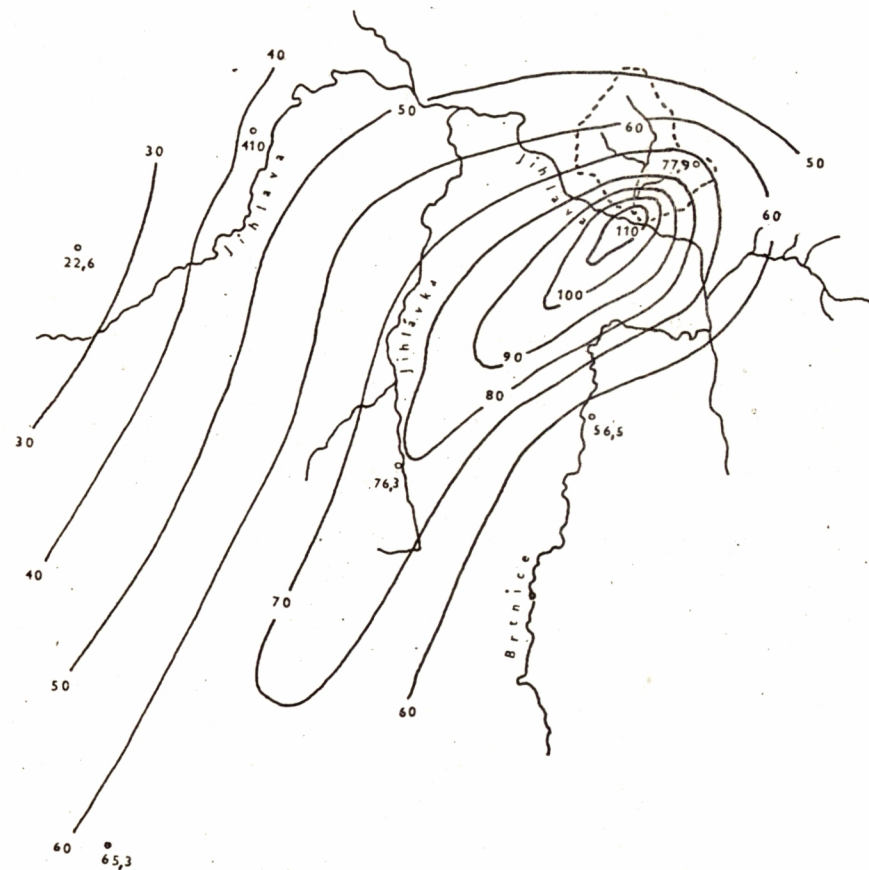
Význam vodního hospodářství v budoucnosti ještě vzroste. Budé to souviset především se zvýšenými požadavky na ochranu životního prostředí, jehož je voda významnou složkou. Tradice dlouholeté úspěšné práce zavazuje: bude nutno vyrovnat se i se zvýšenými požadavky a zabezpečit dostatek vody nejen pro naše hospodářství, ale především pro současné i budoucí generace.



Srážky

K získání co nejpřesnějších údajů o velikosti srážek byly použity naměřené úhrny ze všech srážkoměrných stanic P-ČHMÚ Brno, které jsou v dané oblasti. Jelikož v nejméně postižené obci Luka nad Jihlavou není srážkoměrná stanice ČHMÚ, bylo úsilí zaměřeno na náhradní způsob zjištění úhrnu srážek pomocí lahví a nádob, které se v době výskytu srážek nacházely v zahradách. Tímto způsobem byla určena velikost srážky 110 mm jako průměrná hodnota z několika získaných údajů. V tabulce 1 jsou uvedeny údaje o době trvání srážek v hodinách (podle informací získaných od pozorovatelů), celkový srážkový úhrn v mm, doba opakování v rocích, intenzita deště v mm/min a vydatnost deště v $l \cdot s^{-1} \cdot ha$ u všech stanic ze zasažené oblasti včetně Luk nad Jihl. Aby byl získán lepší přehled o pravděpodobném rozdělení srážek v zasažené oblasti, byla sestrojena mapa izohyet (viz obr. 1). Jelikož v zasažené oblasti není k dispozici žádný ombrografický záznam, je mapa izohyet sestrojena na základě údajů získaných místním šetřením a lze připustit, že skutečný průběh srážek mohl být poněkud odlišný. Z průzkumu vyplývá, že začalo pršet okolo 22. hodiny a přšlo vydatně do 23.30 hod. Pak došlo k lijáku doprovázenému krupobitím, který skončil pravděpodobně v 0.30 hod. Srážkám z tohoto dne nepředcházely žádné jiné srážky (prakticky od 9. 4. nepršelo).

Nejvyšší, i když odvozená, hodnota srážek je přibližně 110 mm, což odpovídá 220 % dlouhodobého normálu za měsíc duben. Za několik hodin (přibližně za 3 hod.) spadlo téměř 17 % dlouhodobého ročního normálu. Dlouhodobé normály za měsíc duben a rok byly použity z padesátileté řady 1876-1925, kdy byla přímo v obci Luka nad Jihl. umístěna srážkoměrná stanice. Jak uvedený rozbor ukazuje, byly srážky v povodí Kozlovského potoka mimořádně vysoké a je proto pochopitelné, že došlo i k abnormálně velkým průtokům.



Obr. 1: Průběh izohyet dne 20. 4. 1988

Tab. 1: Srážkové úhrny ze dne 20. 4. 1988

Poř. číslo stanice	Srážkoměrná	Doba trvání srážek	Srážkový úhrn	Doba opakování	Intenzita deště	Vydat. deště
		hod.		mm	roků	mm/min.
1	Kostelní Myslová	20 ¹⁰ - 8 ⁰⁰	65,3	70	0,363	60
2	Stonařov	20 ⁴⁵ - n	76,3	140	0,424	71
3	Brtnice	21 ³⁰ - 24 ⁰⁰	50,5	25	0,281	47
4	Rohozná	19 ¹⁵ - 7 ⁰⁰	22,6	1	0,126	21
5	Jihlava (Hubenov)	20 ³⁰ - 0 ³⁰	41,0	12	0,228	38
6	Vysoké Studnice	22 ¹⁰ - 2 ³⁰	77,9	150	0,433	72
7	Luka nad Jihl.	22 ⁰⁰ - 0 ³⁰	110	900	0,611	102

Průtoky

Na žádném z postižených povodí kromě Brtnice není prováděno soustavné měření vodních stavů a jim odpovídajících průtoků, protože se jedná o malá až velmi malá povodí. Proto bylo nutno provést důkladné místní šetření, spojené s vyhledáváním profilů vhodných k zaměření stop po povodni tek, aby mohly být stanoveny střední profilové rychlosti a určena velikost hodnot kulminačních průtoků. Vybrat vhodné profily k zaměření příčných profilů a podélných sklonů hladiny činí téměř vždy problém, protože průtok v těchto profilech musí být co nejvíce soustředěný a nesmí být ovlivněn vzdutím. Stanovené hodnoty kulminačních průtoků s uvedením jejich N-letosti, hodnota stejného průtoku, jeho specifického odtoku a plocha povodí jsou uvedeny v tabulce 2. Aby bylo možno pro hodnoty kulminačních průtoků stanovit jejich N-letost, bylo nutno ve zvolených profilech určit potřebné fyzickogeografické charakteristiky.

Tab. 2: Kulminační průtoky

Poř. číslo	T o k	Označení profilu	Plocha povodí	Q ₁₀₀	Q ₁₀₀	Q _{max}	N-letost Q _{max}
			km ³	m ³ .s ⁻¹	m ³ .s ⁻¹ .km ²	m ³ .s ⁻¹	roků
1	Kozlovský potok	SZ okraj vesnice Kozlova	2,33	9,5	4,07	2,5	3
2	"-	asi 40 m pod býv. ryb. pod obcí Kozlov	5,19	14	2,70	7	10
3	"-	v místě křížení silnice Jihlava-Měřín	8,26	18	2,18	22	310
4	Místní potok od Vel. Beranova	ústí	4,53	13	2,87	4	4
5	Kozlovský potok	nad sout. s potokem od Vel. Beranova	8,51	19	2,23	23	310
6	"-	pod sout. s potokem od Vel. Beranova	13,04	23	1,76	25	140
7	"-	nad míst. potokem od Vysokých Studnic	14,10	24	1,70	27	170
8	Míst. potok od Vys. Studnic	asi 500 m nad ústím	2,55	10	3,92	12	200
9	"-	ústí	2,94	11	3,74	14	200
10	Kozlovský potok	pod míst. potokem od Vys. Studnic	17,04	26	1,53	33	300
11	"-	nad Otínským potokem	17,39	26	1,50	33	300

12	Otínský p.	ústí	1,88	8	4,26	8	100
13	Kozlovský potok	pod Otín- ským poto- kem	19,27	27	1,40	35	300
14	Kozlovský potok	v místě kří- žení kom.nad koupalištěm	19,67	27	1,37	35	300
14a	"-	"-	19,67	27	1,37	50 ⁺	1000
15	"-	zaměř.příčný profil v ob- ci (asi 350 m nad ústím)	20,03	28	1,40	47 ⁺	1000
16	"-	ústí	20,67	28	1,35	45 ⁺	1000
17	Křenický potok	asi 100 m nad ústím v Bítov- čicích	6,86	17	2,48	17	100
18	Místní po- tok	v Přímělkově v místě kříž. želez.tratě	1,88	8	4,26	12	500
19	Brtnice	Brtnice-vdč.	97,70	40	0,41	9	2
20	Jihlávka	silnič.most ve Stonařově	18,73	18	0,96	10	10
21	"-	silnič.most v Čížově	72,95	32	0,44	24	20
22	Místní po- tok	prav.přítok v Čížově asi 100 m nad ústím	2,35	10	4,26	3	4
23	Jihlávka	silniční most v Jihlavě	106,15	37	0,35	23	8
24	Votavnice	v Mysliboři v místě kříž. želez.tratě	5,26	12	2,28	9	55

+ po protržení silničního tělesa

Ze všech hodnocených povodí bylo nejméně postiženo povodí Brtnice. Podle limnigrafického záznamu ve vodoměrné stanici Brtnice povodeň kulminovala dne 21. 4. 1988 v 1 hod., kulminační průtok činil 9 m.s^{-1} a odpovídá 2-letému průtoku. Nejvíce bylo postiženo povodí Kozlovského potoka, kde byla nejméně zasažena horní část povodí nad obcí Kozlov. Dále po toku mezi profilem pod obcí a silničním mostem na silnici Jihlava-Měřín došlo k vel-

kému přírůstku kulminačního průtoku. Tato skutečnost se dá vysvětlit jedině tím, že zde bylo hlavní těžiště srážek. Potvrzují to i stopy na pozemcích. Srážky zde dosáhly nejméně hodnoty uváděné v Lukách nad Jihl. (tj. 110 mm). V celém úseku mezi obcemi Kozlov a výše uvedeným mostem se vylila voda z neupraveného koryta potoka na jeho břeh. Rovněž v dalším úseku mezi silničním mostem a příčnou komunikací se rozlila voda do celého inundačního území. V důsledku malé kapacity mostního profilu se nejen naplnil celý inundační prostor, ale přelila se i koruna vozovky v délce asi 60 m. (Určení výšky přepadajícího paprsku bylo problematické a nespolehlivé.) Došlo ke stržení části mostní vozovky v délce asi 1,80 m a výši 0,70 m, čímž se mírně zvýšil průtok. Jinak tento prostor plnil částečně funkci suché nádrže a přispěl ke snížení průtoky pod silničním tělesem. Mezi touto komunikací a druhou příčnou komunikací (pod koupalištěm) probíhala povodeň obdobně jako v úseku předešlém. Rovněž i zde byl mostní otvor poddimenzován. Navíc byl zřejmě ucpán několika koly slámy. Z těchto příčin došlo k naplnění celého inundačního prostoru, k přelití vozovky a nakonec k jejímu protržení v místě mostního otvoru. I když byla koruna vozovky přelita, fungoval inundační prostor z větší části jako suchá nádrž a snížil citelně průtoky pod mostem. Proto až do protržení silničního tělesa protékal pod mostem jen průtok daný kapacitou mostního otvoru ($\text{max. } 18 \text{ m.s}^{-1}$). Po přelití koruny vozovky se zvětšil o $3 - 5 \text{ m.s}^{-1}$. I když nelze tento údaj ověřit, protože není známa úroveň hladiny, lze předpokládat, že průtok nebyl větší než $20 - 25 \text{ m.s}^{-1}$, což odpovídá zhruba padesátiletému průtoky a je přibližně dvojnásobkem kapacity současného upraveného koryta v zaměřovaném profilu, který je schopen odvést asi 10 m.s^{-1} . Protržením silničního tělesa se vytvořila průlomová vlna s počátečním průtokem v hodnotě kolem 50 m.s^{-1} , který se v důsledku postupu a vylití snížil v zaměřeném profilu (asi 0,35 km nad ústím) na 47 m.s^{-1} a v profilu ústí do Jihlavy na přibližně 45 m.s^{-1} . Tím je tedy i vysvětlen velmi rychlý vzestup povodňové vlny, poměrně delší doba trvání kulminace a celý další průběh povodně. Kdyby k zmíněnému protržení nedošlo, hladina průtoky by byla asi o 80 cm nižší a škody by byly menší.

Následky této povodně jsou otřesné. Byly zmařeny dva lidské životy, zatopeny 104 domy a úplně zničeno všechno vnitřní vybavení; v bytech zůstala průměrně půlmetrová vrstva bahna. (O rozsahu pohromy informují i přiložená foto.) Celková výše škod byla odhadnuta na 54 mil. Kčs (z toho jen na majetku občanů 15 miliónů Kčs). Výrazné jsou i škody na polích, z nichž bylo odneseno ohromné množství ornice.

Příčiny vzniku povodně

Těchto příčin je několik. První a nejdůležitější z nich je mimořádně velká intenzita srážek, navíc po předchozím nasycení půdy. V povodí Kozlovského potoka spadlo asi 75 mm srážek. Předpokládáme-li, že pršelo 3 hod., jsou tyto srážky větší než 100-leté. V některých částech povodí však srážky dosahovaly hodnot až 110 mm. Předpokládáme-li stejnou dobu trvání, jsou tyto srážky větší než 500-leté. Je proto naprosto logické, že tak mimořádně vysoké srážky musely vyvolat i mimořádně velké kulminační průtoky.

Další příčinou vzniku povodně je vytváření velkých plošných celků (honů) osetých nebo osázených monokulturami, hlavně okopaninami. Zde dochází k mimořádně velkým odtokům, spojeným s dříve nebývalou erozní činností.

Poslední, ne však zanedbatelnou, příčinou je to, že celkový stav vegetace v povodí k uvedenému datu nebyl zdaleka na předpokládané úrovni, a proto i účinek vegetace na snížení odtoku byl minimální až skoro nulový.

V obci Luka nad Jihlavou však k těmto shora uvedeným příčinám přistupuje ještě další; je jí protržení silničního tělesa a vytvoření průlomové vlny, která předchází průtok podstatně (asi dvojnásobně) zvětšila. Tato okolnost je po hodnotě srážkového úhrnu další hlavní příčinou škod, které v obci Luka nad Jihl. vznikly. Na velikosti škod se tu však nemalou měrou podílí i malá kapacita koryta, které je ze situačních důvodů zastavby a přilehlé silnice upraveno jen na přibližně 5-letý průtok.



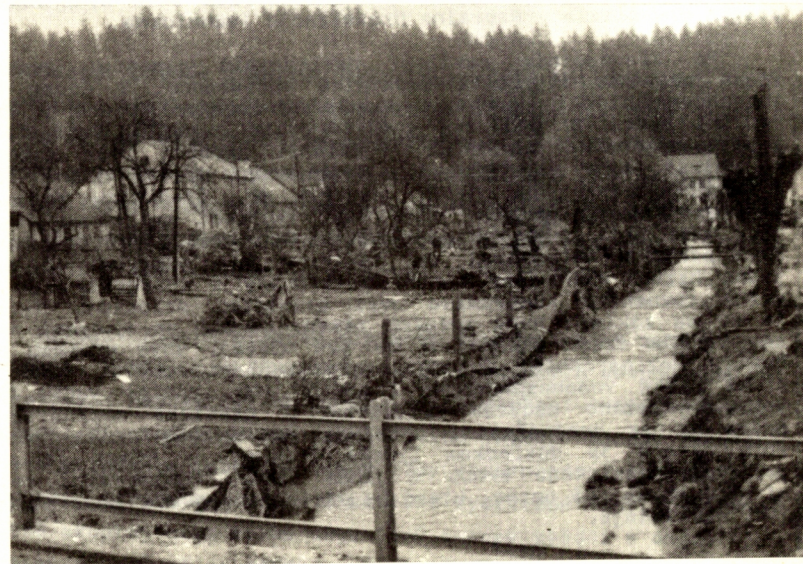
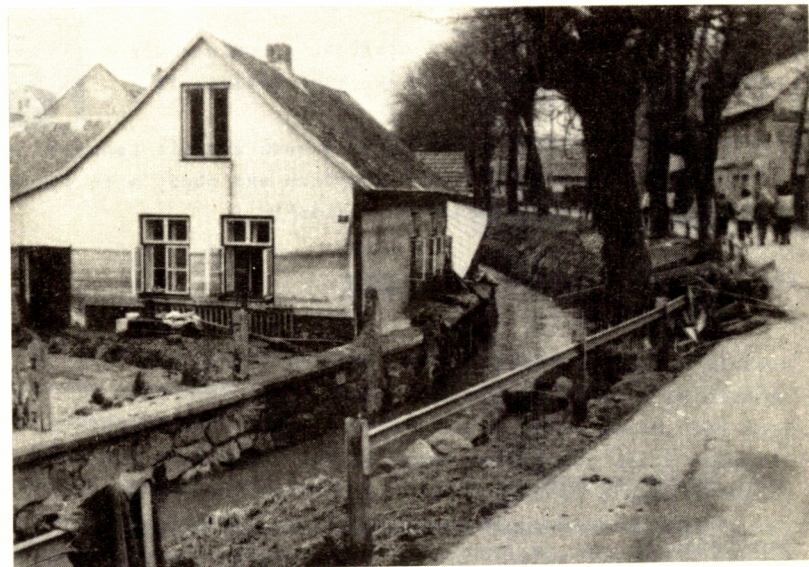


Foto 1 - 6: Záběry, dokumentující průběh povodně a rozsah škod
v obci Luka nad Jihlavou.

Je tedy logické, že v důsledku akumulace všech těchto nepříznivých vlivů dochází k tak velké katastrofě.

Jelikož nelze z technických důvodů zvětšit kapacitu koryta, je nutno hledat řešení v povodích nad obcí, a to vybudováním suchých retenčních nádrží (poldrů).



BRÁT OHLEDY NA JINÉ

Druhá česko-polská konference věnovaná tentokrát problémům znečišťování vod se konala v Domě techniky Československé vědeckotechnické společnosti. Spolupořadatelem akce byla obdobná polská organizace - Naczelna Organizacja Techniczna.

Po slavnostním zahájení následovalo plenární zasedání všech asi sto čtyřiceti účastníků konference. V úvodu bylo zhodnoceno plnění návrhů z minulé konference konané v Katoivicích, která se zabývala znečišťováním ovzduší. Poté následovaly přednášky odborníků. Dopolední jednání bylo zaměřeno na oblast ještě nedořešenou - mezinárodní právní vztahy řešící znečišťování vod. Polský právník dr. Stanislaw Wajda na otázku: V jakém stupni může stát využívat společnou řeku a jaký musí brát ohled na zájmy ostatních států, kterými rovněž řeka protéká, formuloval tři doktríny jako odpovědi, z nichž jednu nazval doktrínou územní suverenity a integrity. Je výrazem rozumného kompromisu mezi ostatními principy. Vyvinula se na základě dvou známých zásad: cokoli se v území nalézá, také z území pochází a tak své uživej, abys druhému neškodil. Mezinárodními právními zásadami se zabýval také ředitel České vodohospodářské inspekce ing. Václav Vučka, CSc., ve svém velice moudrém příspěvku. Z hlediska mezinárodního práva se za znečišťování považuje jen taková změna jakosti vody, která je důsledkem lidské činnosti a která je s to způsobit podstatnou škodu v jiném státě. Univerzální smluvní nebo obyčejová norma, která by přímo zakazovala znečišťování vod, neexistuje.



odpadní vody

Typy aktivovaných kalů

dr. A. Sladká, CSc., VÚV Praha

Široká veřejnost je dnes díky zvýšenému zájmu o ochranu životního prostředí stále častěji informována jak o zneškodňování odpadních vod, tak i o haváriích na našich tocích. Pod pojmem čistírna odpadních vod si nejen veřejnost, ale i odborníci obvykle představí reaktory, v nichž čistící proces probíhá; jen úzký okruh specialistů však pronikne do mikrosvětla, vytvořeného v těchto reaktorech a odpovědného za vyčištění odpadních vod.

Tento článek i série mikrofotografií aktivovaných kalů, která bude otiskována v následujících číslech čas. VTEI, si kládou za cíl přiblížit našim čtenářům onen zvláštní mikrosvět a pomoci pracovníkům v provozech orientovat se v problematice mikroskopického hodnocení biocenózy čistíren. (Článek navazuje na již dříve publikovanou sérii "Aktivace očima biologa", která vycházela v tomto časopise v letech 1976 a 1977.)

Ačkoliv hlavní složkou biocenóz čistírenských zařízení jsou bakterie, z biologického hlediska a metodických důvodů jsou tato zařízení nejčastěji hodnocena podle složení mikrofauny a podle znalosti životních potřeb jednotlivých jejích členů. Druhově bohatá biocenóza odpovídá téměř vždy vyrovnanému společenstvu a dobrému čistícímu účinku i kvalitě vyčištěné vody. Dominance určité skupiny nebo druhu organismů naopak svědčí o anomálních podmínkách, ať už je příčinou složení odpadní vody, trofická nerovnováha, nedostatek kyslíku, zahňávající odpadní vody, nízké pH, toxicita apod.

Růst populace každého organismu lze charakterizovat jako poměr rozmnožovacích schopností tohoto organismu k příznivým a nepříznivým vlastnostem prostředí. Vlastnosti prostředí jsou determinovány technologickými a provozními parametry systému. Z nich nejdůležitější jsou stáří kalu (možnost reprodukce), zatížení (přísun substrátu) a doba zdržení (možnost se v systému udržet proti vyplavování). Dalšími faktory určujícími vznik dané populace jsou selekční tlaky. Za primární se považuje zdroj energie a přítomnost nebo nedostatek rozpuštěného kyslíku a za sekundární fyzikální vlastnosti mikroorganismu (elektrický náboj, hmotnost a velikost mikrobiálních buněk).

Složitost biologických interakcí a další technologické a provozní faktory ovlivňující výskyt i četnost jednotlivých druhů mikroorganismů nejsou dostatečně definovány z hlediska životních potřeb jednotlivých druhů, aby mohly jednotlivé druhy organismů být považovány za indikátory dobrého nebo špatného čistícího účinku. Pomocí pro provozovatele čistíren odpadních vod však je, že v jednotlivých čistírnách a typech čistíren se vyskytují charakteristická společenstva a některé organismy v rámci celého společenstva odpovídají určitému stavu aktivovaného kalu a kvalitě vyčištěné odpadní vody. Tato znalost umožňuje provozovateli rychle usoudit z mikroskopického rozboru na typ, stabilitu i fyziologický stav biocenózy a předpokládaný čistící účinek.

Z dlouholetých poznatků o aktivovaných kalcích čistících městské odpadní vody vyplývá následující typologie, vycházející ze stanovení počtu dispergovaných bakterií, složení biocenózy a morfologie vloček. Tyto mikroskopicky rozlišitelné typy aktivovaných kalů jsou děleny podle zatížení kalu (Z_k) do tří základních skupin. Nelze je zaměňovat s vývojem vloček a biocenózy v období zpracování aktivovaného kalu, které probíhá v několika stádiích od disperzně rostoucích bakterií až po dovršení vyvločkování a vývoje všech složek biocenózy.

Rychloaktivace ($Z_k > 1,6 \text{ kg.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$) a vysokozatížená aktivace ($Z_k > 0,4 \text{ kg.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$) mají velký počet dispergovaných bakterií (10^7 až 10^9 v ml), možný výskyt vláknitých organismů převážně sphaerotilového typu, velký počet bezbarvých bičíkoveců nebo drobných měňavek (skupina Amoeba limax a A.guttula), málo nálevníků (nejčastěji rod Cochliopodium, Glaucoma a z přisedlých druh Vorticella microstoma) a žádné kryténky (výjimku může tvořit druh Cochliopodium bilimbosum) a rounatky. Někdy se vyskytují bezbarvé kolonie bakterií typu Zoogloea ramigera. Vločky aktivovaného kalu tvoří poměrně homogenní směs co do velikosti, tvaru i složení.

Střednězatížená aktivace ($Z_k 0,1$ až $0,4 \text{ kg.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$) má podstatně méně dispergovaných bakterií (kolem 10^7 v ml), než předchozí systémy, což je způsobeno jak snížením přísunu živin, tak i silnou predací prvoků a vířníků živících se bakteriemi. Vyskytuje se mnoho druhů prvoků včetně rounatek a krytének. Nejhojnějšími z prvoků jsou nálevníci. Jsou to zejména tyto rody a druhy: Aspidisca costata, A. turrita, Cyclidium glaucoma, Chilodonella uncinata, Ch. dentata, Euplotes patella, E. moebiusi, Opercularia coarctata, Trachelophyllum pusillum, Vorticella convallaria, Capchesium polypinum a další. Kromě prvoků jsou v biocenóze přítomni vířníci a hlístice. Ze všech aktivčních systémů má tento systém druhově nejbohatší biocenózu. Vločky tvoří velmi heterogenní směs ve velikosti i tvaru.

Nízkozatížená aktivace ($Z_k < 0,1 \text{ kg.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$) má dispergovaných bakterií velmi málo (10^5 až 10^6 v ml). Někdy může dojít ke zvýšení počtu bakterií (10^7 v ml) při rozpadu vloček a lyzi buněk, kdy dochází k sekundárnímu obohacení substrátu. Nízký počet bakterií způsobuje snížení počtu jejich hlavních predátorů a zvýšení počtu těch predátorů, kteří spolu s bakteriemi mohou pohlcovat i drobné suspendované částice. Biocenóza je poměrně chudá s několika dominantními druhy. Z bezbarvých bičíkoveců se nejčastěji v malých počtech vyskytují rody Entosiphon, Petalomonas a Peranema. Z nálevníků to bývají hlavně druhy Aspidisca turrita, Drepanomonas revoluta, Trochilia minuta,

Hemiophrys pleurosigma, Litonotus spp., Trachelophyllum pusillum, Vaginicolla crystalina, Stentor roeseli a Tokophrya quadripartita a další. V biocenóze se objevují velké měňavky ze skupiny Amoeba proteus a řada krytének, z nichž nejčastější rody jsou Arcella, Euglypha, Centropyxis, Chlamydoophrys a Pseudodifflugia. Často se ve vložkách aktivovaného kalu nacházejí i jejich prázdné schránky. V malých počtech se mohou objevit i slunivky. Běžnými vířníky vyskytujícími se i v předchozím typu kalu jsou rody Philodina a Rotaria, vzácnějšími druhy indikujícími dobře vyčištěnou odpadní vodu jsou Lecane, Monostyla, Adineta a Colurella. Ve vložkách jsou někdy patrné smyčky karnivorních hub nebo výrazné kolíčky na hyfách těchto hub, sloužící k zachycení vířníků nebo hlístic jako jejich kořist. Menší soudržnost vložek spolu s nízkým zatížením a mechanickým faktorem turbulence vede opět k morfologické homogenizaci vložek.

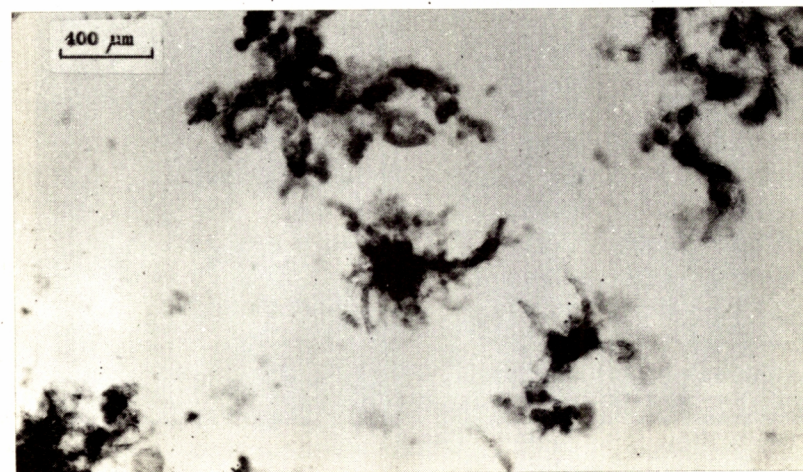
Uvedené tři základní typy aktivovaných kalů mají vyvážené společenstvo vyvinuté za dostatečného množství rozpuštěného kyslíku, vhodného složení odpadní vody i technologických a provozních podmínek na čistírně a jsou separovatelné (kalový index je $< 200 \text{ ml.g}^{-1}$). Reprezentují tedy "zdravé" aktivované kaly.

Nejsou do nich zahrnuty přetížené a nedostatečně provzdušené kaly, vyznačující se velkým počtem dispergovaných bakterií (včetně spiril, spirochet, vibrí, sarcin apod.) a bezbarvých bičíkovců indikujících např. přítomnost sirovodíku (Trigonomonas, Tetramitus, Hexamitus, Urophagus a další), ani zbytečné aktivované kaly, u kterých dochází k výrazné dominanci vláknitých typů mikroorganismů nebo zoogloevých, vyznačujících se vysokými hodnotami kalového indexu. Tyto "anomální" kaly si vyžadují vlastní typologii a čtenář se s nimi seznámí prostřednictvím mikrofotografií.

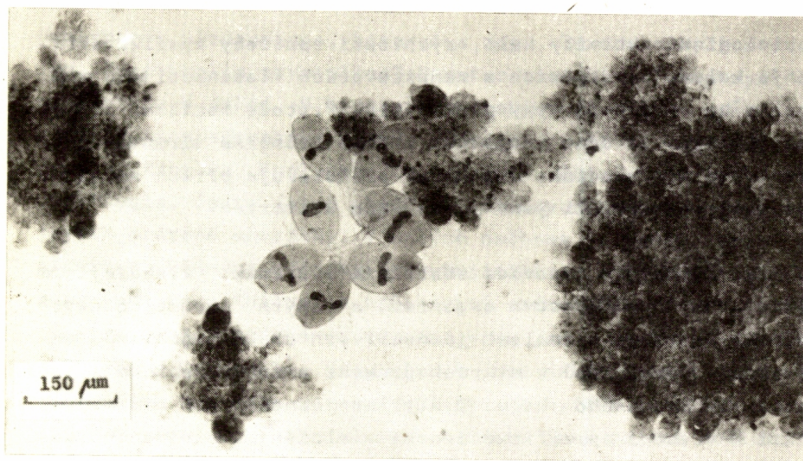
Je velmi mnoho faktorů vnějších i vnitřních ovlivňujících tvorbu aktivovaného kalu stejně jako je řada hledisek, podle kterých by se mohly jednotlivé typy kalů třídit. Místo zatížení by kaly mohly být tříděny podle převažující cenózy organis-

mů, biologické aktivity kalu, rychlosti spotřeby kyslíku aktivovaným kalem, separačních a zahušťovacích vlastností kalu apod. V mnohém by se i tyto typy překrývaly. Protože zatížení aktivovaného kalu je dáno projektem a dále průběžně sledováno provozovatelem a z hlediska organismů představuje přísun substrátu na biomasu, vybrali jsme právě toto kritérium.

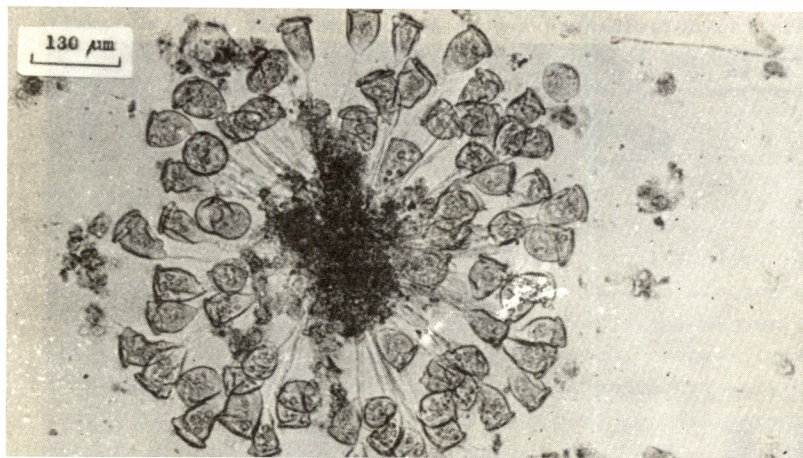
Tato typologie odpovídá stabilním systémům vycházejícím z vyrovnaného společenstva organismů a daných technologických podmínek. Opírá se o znalost jednotlivých druhů organismů, celých skupin organismů a mikroskopického a makroskopického posouzení aktivovaného kalu. I když na jednotlivých čistírnách dochází k vlastní specifické tvorbě a složení aktivovaného kalu, měl by v hlavních rysech odpovídat uvedeným základním kategoriím. Pokud se výrazně liší, je třeba hledat příčinu v provozu nebo ve změně charakteru odpadní vody.



Obr.1: Hvězdicovité vložky z vysokozatížené aktivace



Obr.2: Aktivovaný kal střednězatížené aktivace s přisedlým nálevníkem druhu *Opercularia coarctata*. Obarvený makronukleus je uložen příčně k ose těla.



Obr.3: Vločka ze střednězatížené aktivace, jejíž periferní zónu tvoří mohutná kolonie přisedlého nálevníka r. *Vorticella*.



Obr.4: *Stentor roeseli* na vločce aktivovaného kalu z nízkozatížené aktivace. Vyskytuje se pouze při vysoké kvalitě vyčištěné odpadní vody.



Obr.5: Dvoustupňová aktivace. Vlevo přisedlí nálevníci *Vorticella communis* a nálevník *Opercularia minima* a vpravo kolonie kryténky *Chlamydomphrys minor*.

Zásady správného provozu ČOV

ing. M. Sýkora, Hydroprojekt, odštěp. závod Ostrava

Na mnohé z čistíren odpadních vod přitéká kromě splašků i menší či větší množství průmyslových odpadních vod, jejichž vliv na společné čištění může být různý.

Sezónní nárůst znečištění v odpadních vodách z konzerváren ovoce a zeleniny může způsobit bytnění oživeného kalu. Havarijní úniky z chemického průmyslu dovedou poškodit nebo zcela přerušit biologický proces čištění. Nedokonale předčištěná odpadní voda přímo u zdroje, čili v průmyslových závodech, přináší na ČOV zvýšené koncentrace nerozpuštěných látek, které působí problémy v kalovém hospodářství. Zvýšené koncentrace těžkých kovů mohou zcela znehodnotit využití vyhnílého kalu v kompostárnách a zemědělství. Vzniká problém, kam s odvodněným kalem.

Všechny tyto specifické okolnosti v povodí čistírny musí zvážit projektant již při návrhu ČOV. Má však vždy v době projekce dostatek podkladů včetně kvalitního vodohospodářského průzkumu, doplněného rozbory reprezentativních vzorků odpadních vod? Za několik let začíná zkušební provoz. V kanalizačním řádu určuje správce kanalizace koncentrační i látkové bilanční hodnoty všem producentům průmyslového znečištění. Vše je zdánlivě v pořádku. Měsíční okamžité kontrolní odběry vzorků na vyústích odpadních vod z průmyslových závodů do kanalizace potvrzují dodržování limitů, každodenní sledování kvality odpadních vod na přítoku na ČOV to však vyvrací. Dochází ke značnému kolísání množství znečištění v průběhu dne i týdne a ve slévaných vzorcích se objevují nedovolené koncentrace škodlivých látek.

Začínají dlouhá jednání, hromadí se zápisy, dochází i k pokutám, ale výsledný efekt je malý. Ovzduší v povodí ČOV je plné napětí a nedůvěry. Stále naléhavěji je slyšet otázku: "Co je příčinou problémů a jak by měl provozovatel kanalizace a ČOV postupovat?"

Období projekce a výstavby ČOV

Od zahájení projekce do uvedení ČOV do zkušebního provozu uplyne šest, sedm let. Je důležité, aby budoucí provozovatel tuto dobu nepromarnil. Jestliže v časové tísní vymánil od průmyslových závodů pro projektanta údaje o množství a znečištění odpadních vod, má v době výstavby dostatek času si je prověřit. V žádném případě však nestačí odběr a analýza okamžitých nebo krátkodobě slévaných vzorků. U rozhodujících producentů průmyslového znečištění je důležité již v předstihu požadovat vybudování měrného objektu před vstupem do veřejné kanalizace, kde kromě měření množství lze instalovat i kontinuální odběrné zařízení pro odběr vzorků. Kontrolní odběr celodenního vzorku může být z uzavřeného objektu vyzvednut jen za účasti pracovníků obou stran - producenta průmyslového znečištění a správce kanalizace, neboť každý vlastní klíč od jednoho ze dvou zámků. Objektivní odběr vytváří ovzduší vzájemné důvěry. Pracovní energie se nevybíjí v dokazování, že odběry a rozbory jedné či druhé strany jsou pochybné. Dochází-li k překračování povolených hodnot, havarijním únikům, potvrdí-li se nedostatečná funkce předčisticích zařízení, lze zjištěný stav zlepšit opatřeními v závodě, někdy i za cenu dalších investic.

Nejednou má vodohospodář závodu problémy s kázní jednotlivých cechů nebo provozů. Pracovníci vypustí bezstarostně při provozních poruchách do kanalizace havarijně znečištěnou odpadní vodu, neboť vědí, že je těžké při přítoku na ČOV určit vinníka. V těchto případech se osvědčila instalace kontinuálních vzorkovačů odpadních vod na vyústích odpadních vod z hlavních provozů do kanalizace. V případě havarijního přítoku odpadních

vod na ČOV a zjištění, že dle analýzy vzorků odpadních vod přítékají silně znečištěné vody např. z největšího závodu v povodí, může vodohospodář tohoto závodu odebrat z uzamčeného objektu kontinuálně odebírané vzorky na vyústích z rozhodujících provozů a po analýze určí viníka. Už skutečnost, že o této kontrole všichni zaměstnanci vědí, zlepšuje situaci a navíc fakt, že při poruše je včas informován vodohospodář, který řeší situaci ve spolupráci s provozovatelem ČOV, podstatně snižuje ohrožení provozu ČOV.

Činnost provozovatele ČOV

Je zcela chybné, uzavře-li se provozovatel v areálu vlastní čistírny. Dosavadní častá praxe, kdy jednou týdně vyjíždí auto provozovatele ČOV, aby pracovník laboratoře odebral okamžité vzorky odpadních vod na vyústích z průmyslových závodů do kanalizace, nemůže přinést očekávané údaje. Odběr okamžitých vzorků bez možnosti změřit průtočné množství neumožňuje zjistit ani koncentrace v $g \cdot s^{-1}$ a výsledků nelze využít pro stanovení bilančních hodnot znečištění. Navíc producenti průmyslových znečištění většinou vědí, kdy správce kanalizace kontroluje jejich výústě, takže mohou ovlivnit i kvalitu odtékajících odpadních vod.

Daleko větší cenu pro provozovatele ČOV má znalost výroby a vodního hospodářství producentů průmyslového znečištění, neboť díky tomu může daleko přesněji předvídat, odkud a jaká nebezpečí ČOV hrozí. Navíc vzájemná spolupráce technologa ČOV s vodohospodáři závodů přináší vždy oboustranný užitek.

Správný postup provozovatele ČOV lze nejlépe přiblížit na příkladu: V recipientu za ČOV došlo k otravě ryb. Pravděpodobná příčina - zvýšená koncentrace zinku. Provozovatel ČOV odebírá jednou až dvakrát měsíčně okamžité vzorky na vyústích z průmyslových závodů do kanalizace a nechává si v nich stanovit obsah zinku. Položíme-li technologovi ČOV otázku, z kterých

závodů a v jakých max. koncentracích se může zinek dostat do kanalizace, nedostane správnou odpověď. Má jen výsledky rozborů okamžitých vzorků bez průtočného množství. Kdyby znal výrobu v závodech, věděl by, kde jsou např. zinkové lázně. Dovedl by určit max. možnou koncentraci při částečném odpuštění nebo havarijním úniku na ČOV i její důsledky. Spolupráce technologa ČOV a vodohospodáře může navržením patřičných opatření preventivně předejít většině havarijních situací.

Znalost povodí ČOV je tedy stejně důležitá jako znalost funkce jednotlivých čistírenských jednotek na čistírně.

Provozovatel ČOV však nesmí při posuzování jednotlivých producentů průmyslového znečištění vycházet z formální kontroly kvality vody rozborů odebraných okamžitých vzorků na vyústích do kanalizace. Technolog ČOV by měl znát výrobu i vodní hospodářství závodů stejně dobře jako vodohospodář závodů. Vzájemná spolupráce technologa ČOV a vodohospodáře závodu vždy přináší oboustranný užitek a především chrání ČOV i recipient za ČOV před havarijními přítoky znečištění.



Automatizovaný zavlažovací systém, který přispívá k úspoře vody, vyvinula francouzská firma Automatic Pilote Systemes. Zařízení nazvané Pepista kontroluje pomocí čtyř senzorů úroveň zavlažení na ploše tří hektarů. Senzory jsou umístěny na stoncích rostlin. Informace získané na poli každou minutu a v sádech každou půlhodinu předávají mikroprocesoru, který je napojen na ústřední počítač, jenž řídí program zalévání. Pepista ušetří 20-30% vody v porovnání s metodou vyhodnocující vlhkost půdy a 50% oproti zavlažování podle údajů o vlhkosti vzduchu.

zásobování vodou



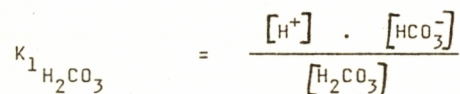
Použití hydrogenuhličitanu sodného

při úpravě pitné vody

ing. P. Pulkrab - ing. T. Švarc, JiVaK, podnik. ředitelství
Č. Budějovice

ČSN 83 0611 "Pitná voda", změna a)-2/1978 určila jako minimální přípustnou alkalitu pitné vody hodnotu $0,8 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$. V ČSSR však existují oblasti, jako např. Jihočeský kraj, kde většina dodávaných pitných vod nevyhovuje tomuto požadavku ČSN. Musí se zde proto při úpravě vod používat hydrogenuhličitan sodný.

Technologický postup zvyšování alkality upravené vody dávkováním hydrogenuhličitanu sodného nebyl v minulosti v ČSSR využíván. Hydrogenuhličitan sodný nebyl ani v seznamu vodohospodářsky využívaných chemikálií. Jeho účinek nespočívá v neutralizaci volného oxidu uhličitého, ale v ovlivnění chemického rovnovážného systému, znázorněného rovnicí:



Dosažení hodnot pH a alkality podle požadavků ČSN 83 0611 je při tomto postupu zajištěno stejně jako při umělém zvyšování koncentrace Ca^{2+} iontů hydroxidem vápenatým a oxidem uhličitým při dodržení nutné koncentrace volného oxidu uhličitého, vyplývající z výše uvedené rovnice. Po dosažení hraničních hodnot $\text{pH} = 8,0$, alkalita $= 0,8 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ a při $\text{p}K_1 \text{H}_2\text{CO}_3 = 6,37$ vychází po výpočtu potřebná zbytková koncentrace volného oxidu uhličitého $= 0,8 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Tato podmínka je splněna u převážné

většiny upravených i surových vod a je splněna např. i pro převařenou destilovanou vodu. Technologický postup je velmi jednoduchý a vyžaduje doplnění nebo změnu pouze v případech, kdy upravená voda nespĺňuje požadavky ČSN 83 0611 na minimální hodnotu obsahu $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ iontů nebo ČSN 83 0615 na minimální koncentraci vápníku.

Dávkováním hydrogenuhličitanu sodného je možné dosahovat normované hodnoty alkality přímo nebo v kombinaci s neutralizací upravené vody hydroxidem vápenatým, uhličitanem sodným, eventuálně s odkyselením hmotou PVD. Zřejmě nejdůležitějším využitím tohoto postupu je doplňkové dávkování hydrogenuhličitanu sodného při úpravě povrchových vod s malou koncentrací $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ iontů čiřením se zavedenou následnou neutralizací hydroxidem vápenatým. Při obvyklé aciditě surové povrchové vody do $0,1 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ je možno potřebnou dávku hydrogenuhličitanu sodného odhadnout dle rovnice:

$$D = (0,8 - a) \cdot 84 \quad (\text{mg} \cdot \text{l}^{-1})$$

kde $a =$ alkalita surové vody ($\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}$).

Kombinované dávkování hydroxidu vápenatého a hydrogenuhličitanu sodného je vhodné pro všechny vody, jejichž koncentrace vápníku po konečné neutralizaci hydroxidem vápenatým splňuje požadavek ČSN 83 0615 min. $0,4 \text{ mmol Ca}^{++} = 16 \text{ mg Ca}^{++} \cdot \text{l}^{-1}$.

V praxi se provádí společné dávkování hydrogenuhličitanu sodného a hydroxidu vápenatého tak, že se neutralizuje upravená voda hydroxidem vápenatým na $\text{pH} = 7,5 - 7,8$ a zbylý deficit alkality se uhradí dávkováním hydrogenuhličitanu sodného. Přesnou hodnotu pH vody po neutralizaci hydroxidem vápenatým je možno i vypočítat z chemického složení surové vody. Z hlediska koroze trubních materiálů i z hlediska ekonomiky provozu je účelné udržovat výsledné pH upravené vody co nejbližší hranici 8,0.

Technologický postup je možno technicky realizovat na většině úpraven bez významnějších investičních nákladů, neboť vyžaduje jen následující technologická zařízení navíc:

1. skladovací prostor na hydrogenuhličitan sodný (chemikálie se dodává v papírových pytlech po 50 kg)
2. rozpouštěcí nádrž libovolného typu a velikosti úměrné denní dávce roztoku
3. dávkovací čerpadlo na roztok, který není agresivní a má koncentraci cca do 4 %.

Použití hydrogenuhličitanu sodného je jedním ze závěrečných pochodů při úpravě vody a je tedy nutné zavést dávkování roztoku NaHCO_3 za filtraci, do akumulace, do výtlačku nebo do vodojemu. Dávku je možno řídit automaticky podle čerpaného množství upravené vody, protože u většiny zdrojů nedochází k náhlému kolísání alkality surové vody.

Hydrogenuhličitan sodný je poměrně dobře rozpustná sůl, její roztoky nemají korozivní účinky ani škodlivé účinky na pokožku. Příprava roztoku a dávkování nepůsobí žádné obtíže. Při 20°C se rozpustí v 1 litru max. 96 g NaHCO_3 . Monopolním výrobcem hydrogenuhličitanu sodného je n. p. TONASO Neštětice, který vyrábí sůl ve dvou druzích:

1. NaHCO_3 technický, jehož složení je určeno ČSN 65 3112, cena 1110 Kčs/t (rok 1985).
2. NaHCO_3 lékopisný, složení je určeno ČSL 3, cena 1400 Kčs/t (rok 1985).

Oba druhy jsou schváleny hlavním hygienikem ČSSR k použití při úpravě vody. Používaný nesprávný obchodní název pro oba druhy je "hydrouhličitan sodný" nebo "jedlá soda". Distribuci výrobků provádí hlavně n. p. CHEMA. Celý objem výroby n. p. TONASO Neštětice je v současnosti prakticky rozebrán mezi stálé odběratele.

Technologický postup úpravy pitné vody s použitím hydrogenuhličitanu sodného přihlásili pracovníci JiVaK PŘ Č. Budějovice ing. P. Pulkrab, ing. K. Janowiak a ing. J. Jindra jako vynález, číslo přihlášky PV 0095 - 84 pod názvem: "Použití hydrogenuhličitanu sodného při výrobě pitné a užitkové vody". Au-

torské osvědčení na vynález bylo uděleno pod č. AO 240 572 v roce 1985. Správcem vynálezu jsou Jihočeské vodovody a kanalizace Č. Budějovice, které ho využívají od ledna 1984.

První úpravná vody v ČSSR, na níž byla realizována technologie s využitím hydrogenuhličitanu sodného, je v Loučovicích (JiVaK OZ Č. Krumlov) o kapacitě $25 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. V současné době využívají popsaného technologického postupu další úpravny vody podniku JiVaK a v jednom dalším podniku byl postup dle vynálezu použit při zpracování projektové dokumentace. V letošním roce se v JiVaK využívá technologie dle citovaného vynálezu rovněž pro snížení korozivních vlastností pitné vody dopravované v dálkovém přivaděči z Č. Budějovic do Týna n. Vlt.

Vyhodnocení společenského prospěchu

Při využití vynálezu se rovněž vyhodnocuje společenský prospěch, definovaný ve vyhl. č. 27/86 Sb. o odměňování objevů, vynálezů, zlepšovacích návrhů a průmyslových vzorů. Při použití uvedeného vynálezu došlo v našem podniku zejména k úspoře investičních nákladů, které by bylo nutno vynaložit na zvýšení hodnot alkality na normovanou hodnotu jiným technologickým postupem. K zjištění výše této úspory posloužily náklady na investiční akci v ÚV Landštejn, (JiVaK OZ J. Hradec), kde je využívána technologie dávkování $\text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2$ s dovozem CO_2 dřívě vozidly JiVaK ze vzdálenosti 200 km ve 20 kg lahvích, nyní vozidly výrobce do uskladňovací a odpařovací stanice. K vyčíslení úspory provozních nákladů bylo využito porovnání nákladů na zvýšení alkality upravené vody o jednotku látkového množství 1 kmol. V r. 1987 činily provozní náklady na zvýšení alkality o 1 kmol

- na ÚV Loučovice (technologie s NaHCO_3)	= 106,98 Kčs
- na ÚV Landštejn (technologie s CO_2 za využití stáčecí stanice)	= 112,30 Kčs
- na další ÚV v JiVaK OZ Č. Krumlov (technologie s CO_2 s dovozem lahví)	= 178,27 Kčs
(zde se jedná o kalkulované provozní náklady)	



Společenský prospěch vzniklý zmenšením korozních vlastností vody při dopravě v dálkových řadecích se bude vyhodnocovat až koncem letošního roku. Z dalších přínosů z využití technologie dle vynálezu zůstává zatím zcela neocenoženo zvýšení užité hodnoty dodávané pitné vody. Konkrétní zvýšení nákladů na úpravu pitné vody v ÚV Loučovice činilo v r. 1987 při zvýšení alkality vody o $0,5 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ zhruba 0,05 Kčs na 1 m^3 vody.

Přestože správce vynález nabídl všem podnikům VaK a dalším vodohospodářským organizacím, je skutečné využívání technologie s NaHCO_3 omezeno zatím pouze na podnik JiVaK. Příčinou je kromě nedostatku NaHCO_3 na našem trhu i relativně zanedbatelná nebo žádná úspora provozních nákladů při požadovaném zvýšení alkality vody na normovanou hodnotu. Zvyšování alkality pitné vody a snižování jejích korozních vlastností je však potřebné, zejména tehdy, když alkalita, obsah Ca^{2+} a Mg^{2+} iontů nebo agresivita vody nevyhovuje ustanovením platných ČSN.

Poznámka:

V textu příspěvku bylo záměrně použito nesprávných názvů "alkalita" a "acidita" (správně kyselinová neutralizační kapacita H^+ $\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ a zásadová neutralizační kapacita OH^- $\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}$) pro větší přehlednost, neboť tyto starší názvy jsou použity v citovaných normách.



Výzkum Bajkalu

Biochemický výzkum sibiřského jezera Bajkalu, který byl zahájen v tomto týdnu, je prvním projektem sovětsko-amerického programu "Výprava k planetě Země". Program, který byl podepsán v loňském roce, financuje Sovětský kulturní fond a americká společnost Soros Foundation. Jeho úkolem je zajistit vědcům obou zemí podmínky pro spolupráci v oblasti přírodních a společenských věd. Hlavní pozornost budou američtí odborníci věnovat nejnižším formám bajkalské flóry a fauny a jejich podílu na čištění odpadních vod, které do jezera přicházejí z blízkého papírenského kombinátu.

Přístupy moderní statistiky ke zpracování experimentálních dat

ing. V. Dobeš, VÚV pobočka Ostrava

Cílem příspěvku je ukázat na některé postupy z celého komplexu moderních statistických metod, jež se s rozvojem počítačové grafiky stále více uplatňují. Náš příspěvek pojednává pouze o vybraných metodách, které nám umožní upozorovat to, co bychom běžně při zpracování dat neviděli nebo to neočekávali. Půjde především o postupy, které jsou vhodné pro předzpracování dat před vlastní statistickou analýzou, kdy se většinou rozhoduje o tom, jaké postupy použít, aby výsledky měly statistický smysl.

Rozbor problematiky

Celá řada experimentálních prací, které jsou prováděny v laboratořích VÚV, probíhá s využitím moderní analytické techniky, která je rovněž vybavena kvalitními řídicími a vyhodnocovacími prostředky. Ve většině případů máme velmi dobře organizované fáze návrhu experimentu a vlastního měření. Nejvíce nedostatků se stále ještě projevuje v následné třetí fázi, spočívající ve zpracování výsledků, zejména v používání matematicko-statistických metod. Dochází k širšímu uplatnění pravděpodobnostních a statistických technik pro rozbor experimentálně získaných dat. Na straně druhé se ovšem práce s nimi zmechanizovala na pouhé dosazování bez širšího vztahu k realitě při interpretaci výsledků. Pozornost se především soustřeďuje na konkrétní výpočty výběrových statistických charakteristik, bez nichž

si dnes nedovedeme představit žádnou zprávu, publikaci nebo protokol. Většinou se vychází z určitých apriorit platnosti Gaussova rozdělení, které je chybně pokládáno za univerzální. Přijetí takového předpokladu, zejména u malých výběrových souborů, bez předchozího posouzení a šetření přináší značné potíže a komplikuje další výpočty.

Abychom mohli použít standardní statistické postupy, musíme se především přesvědčit, zdali nám struktura dat umožní jejich praktickou aplikaci. (Nebo jinak řečeno, zdali vypočtené charakteristiky budou mít statistický smysl nebo budou pouhým numerickým cvičením.) Celá řada chyb vzniká tam, kde pro tyto postupy nejsou splněny předpoklady, za kterých byly odvozeny.

Analýza dat (z hlediska statistického) zahrnuje několik realizačních fází, u nichž první je tzv. exploratorní analýza, kterou poprvé zavedl TUKEY (1977) a jež byla postupně zdokonalována. Využívá základních vlastností pořádkových statistik, o nichž je možno získat základní představu v příspěvku, který publikoval DOBEŠ (1985), a podrobněji se lze s touto problematikou seznámit v knize LIKEŠ, MACHEK (1983). Využívá se zde faktu, že pořádková statistika $x_{(i)}$ je odhadem kvantilové funkce $\hat{Q}(u_i)$ v místě u_i , resp. odhadem 100 P%-ního kvantilu pro pořadovou pravděpodobnost

$$P_{(i)} = i/(n + 1), \text{ resp. } P_{(i)} = (i - 0,375)/(n + 0,25).$$

Kvantilová funkce je poměrně dobře konstruovatelná, neboť je definována na jednotkovém intervalu a má některé speciální vlastnosti, na které upozorňuje PARZEN (1979). V první fázi se snažíme data převést na takový tvar, ve kterém se budou zpracovatelem snadno přijímat, tedy provádíme jejich vizualizaci, která obsahuje celou řadu grafických postupů, jež shrnuje MILITKÝ (1985) a jsou to:

- a) Grafické znázornění statistických zvláštností v datech:
- grafy rozptýlení, které uvádí MILITKÝ, SALAČ (1982) s využitím údajů, jež publikoval HYNKLEY (1977);

- kvantilové grafy;
- krabicové grafy, umožňující identifikaci polohy, rozptýlení, šikmosti apod., varianty popisují MCGILL, TUKEY, LARSEN (1978);
- grafy pro vyjádření stupně symetrie;
- grafy typu strom s listy, jež představují hybrid mezi grafem a tabulkou (TUKEY 1977).

- b) Konstrukce funkcí charakterizujících rozdělení výběru:
- konstrukce výběrové frekvenční funkce patří spíše do oblasti neparametrických odhadů, kde záleží na volbě vhodné jádrové funkce a na parametru vyhlazení;
 - konstrukce výběrové distribuční funkce, která je inverzní k funkci kvantilové a v této fázi předzpracování dat má menší význam než funkce frekvenční.
- c) Porovnání výběrového rozdělení se zvoleným teoretickým:
- grafy pro porovnání teoretických a výběrových kvantilů (Q-Q), které vycházejí z předpokladu, že pokud je výběrová distribuční funkce totožná s teoretickou, jsou shodné i kvantilové funkce.
 - grafy pro porovnání teoretické a empirické distribuční funkce mají omezenější použití, neboť při jejich konstrukci je nutno znát odhady parametrů rozdělení;
 - grafy transformované distribuční funkce, jejichž konstrukce je poměrně pracná a používají se pouze v omezené míře.

Metodika vybraných postupů

1. Kvantilové grafy se sestavují vynesáním hodnot $x_{(i)}$ oproti $P_{(i)}$, čímž získáme průběh výběrové kvantilové funkce, z něhož můžeme usuzovat na:
 - symetrii dat - její průběh je konkávně-konvexní s inflexem v okolí mediánu;
 - rozdělení sešikmené k vyšším hodnotám - její průběh je konvexní;
 - rozdělení sešikmené k nižším hodnotám - její průběh je konkávní.

Je vhodné vynášet také kvantilové funkce normálního rozdělení $u_p = \hat{\mu} + \hat{\sigma} \cdot z_p$, kdy se volí aritmetický průměr a směrodatná odchylka a nebo v případě nenormality jejich robustnější verze jako jsou medián a $s = (\tilde{x}_{0,75} - \tilde{x}_{0,25})/1,35$, což jsou horní a dolní kvartil.

Kvantily z_p normovaného normálního rozdělení postačuje postačuje počítat podle jednoduché aproximace (ALGIE 1977):

$$z_p = (-9,4 \cdot \ln(1/(P-1))) \cdot (\text{abs}(\ln(1/(P-1))) + 14)^{-1}$$

kde P je pořadová pravděpodobnost a symbol $\text{abs}(\cdot)$ vyjadřuje absolutní hodnotu výrazu v závorce.

- Graf rozptýlení s kvantily slouží pro hlubší analýzu struktury dat; základ tvoří jako u předcházejícího grafu průběh kvantilové funkce resp. její odhad. Navíc se zde zakreslují tři obdélníky: Q - kvartilový, O - oktilový a S - sedecilový. Tento graf se doplňuje ještě diagnostickými charakteristikami, pro které je nutno vypočítat kvantily, oktily a sedecily, což lze realizovat lineární interpolací:

$$\tilde{x}_p = (n+1) \cdot (P - (i/(n+1))) \cdot (x_{(i+1)} - x_{(i)}) + x_{(i)}$$

Diagnostické charakteristiky pro $P = 0,25; 0,125$ a $0,0625$ se počítají dle následujících vztahů:

- rozpětí : $R_p = \tilde{x}_{1-p} - \tilde{x}_p$
- průměrná odchylka : $P_p = 0,5 \cdot (\tilde{x}_{1-p} + \tilde{x}_p)$
- relativní šikmosti : $S_p = (\tilde{x}_{0,5-p} - \tilde{x}_p) / R_p$
- délky konců rozdělení : $T_p = \ln(R_p / R_{0,25})$, tyto jsou definovány pouze pro $P=0,125$ a $0,0625$

Prostřednictvím tohoto grafu společně s diagnostickými charakteristikami lze identifikovat celou řadu rozdělení.

- Graf symetrie, kde se na osu y vynášejí součty $u_i = x_{(i)} + x_{(n+1-i)}$ a na osu x rozdíl $v_i = x_{(n+1-i)} - x_{(i)}$. Pro symetrická data vzniká horizontální přímka s rovnicí $u = 2 \cdot \tilde{x}_{0,5}$.
- Graf pro porovnání teoretických a výběrových kvantilů, zkráceně $Q-Q$. Při jeho konstrukci se vychází z předpokladů závislosti mezi teoretickými a výběrovými kvantily. Provádí se

standardizace $S = (x-a)/b$, kdy teoretické rozdělení přejde na standardizované, kterému odpovídá standardizovaná kvantilová funkce:

$$Q_t(P_i) = a + b \cdot Q_{st}(P_i)$$

Vynesením $x_{(i)}$ oproti $Q_{st}(P_i)$ rezultuje lineární závislost se směrnici b a úsekem a . Vzhledem k nekorektnosti odhadů parametrů regresní přímky metodou nejmenších čtverců se používají robustní odhady:

$$\tilde{b} = (\tilde{y}_{0,75} - \tilde{y}_{0,25}) / (\tilde{x}_{0,75} - \tilde{x}_{0,25})$$

$$\tilde{a} = \tilde{y}_{0,5} - \tilde{b} \cdot \tilde{x}_{0,5}$$

Hodnoty \tilde{y}_p představují P -kvantil proměnné na ose y a \tilde{x}_p je tentýž kvantil proměnné na ose x . Do $Q-Q$ grafů se doporučuje vynášet také odhady směrodatné odchylky s_{y_i} pro souřadnice y_i , které po úpravách obecného vztahu přejdou na následující tvar

$$s_{y_i} = \tilde{b} \cdot (d_s(q_i))^{-1} \cdot ((P_i(1-P_i))/n)^{-0,5}$$

Zde q_i je hodnota na ose x odpovídající hodnotě y_i , \tilde{b} je odhad směrnice regresní přímky pro závislost y_i vs. q_i a d_s je standardizovaná hustota. Na základě výpočtu s_{y_i} se pro stanovení variability sestavují konfidenční pásy $(\tilde{b} \cdot q_i + a) \pm s_{y_i}$.

Závěr

Cílem příspěvku bylo ukázat na některé grafické postupy pro předzpracování experimentálních dat, které jsou v podstatě vhodné pro kterákoliv data. Závěrem se naskytá otázka, jak těchto informací využít pro následnou statistickou analýzu klasickými postupy. Pro jednotlivé fáze zpracování dat je nejdůležitější získání výběru, který má normální rozdělení, a pak lze pomocí jednoduchých postupů uskutečnit výpočet odhadů a statistických testů. Další možností je hledat způsoby, jak zlepšit rozdělení dat, nebo docílit jejich přibližné normality. Jedním ze způsobů je provedení transformace dat, je však

nutno uvést, že ne vždy vede k výraznému zlepšení a ne vždy je vhodná. Jednou z dalších možností je provedení analýzy vybočujících měření, což jsou postupy značně složité, které vyžadují veliké zkušenosti a obezřetnosti. K cíli lze dospět také nalezením příslušného rozdělení a výpočtem jeho parametrů.

Vzhledem k omezenému rozsahu příspěvku jsme se zabývali pouze vybranými metodami pro předzpracování jednorozměrných výběrů, ale obdobné grafické formy se využívají i pro účely regrese, kde zasluhují pozornost především analýza reziduí a diagnostika porušení klasických regresních modelů.

Závěrem je nutno poznamenat, že uváděné metody se používají výhradně ve spojení s počítačovou grafikou.

LITERATURA

- ALGIE, S. H.: Empirical Approximations to Equations Based on the Error Function. Anal. Chem., 49, 1977, č.1, s. 186-188
- DOBEŠ, V.: Uplatnění průzkumové analýzy dat v hydrochemii. Hydrochémia 85, Bratislava, VÚVH 1985, s. 15-33
- DOBEŠ, V.: Vybrané statistické metody pro posouzení struktury a chování dat z analyzátorových stanic. In: Vodohospodářské soustavy, Znojmo, VÚV 1987, s. 29-40
- DOBEŠ, V.: Využití robustních metod při zpracování hydrochemických dat. Hydrochémia 87, Bratislava, VÚVH 1987, s. 417-431
- HINKLEY, D.V.: On Quick Choice of Power Transformation. Appl. Statist. 26, 1977, č. 1, s. 67-69
- LIKEŠ, J. - MACHEK, J.: Matematická statistika, Praha SNTL 1983 180 s.
- McGILL, R. - TUKEY, J. W. - LARSEN, W. A.: Variations of Box Plots. The Amer. Statistician, 32, 1978, č.1, s. 12-16

MILITKÝ, J. - SALAČ, O.: Statistické metody v textilní praxi. Pardubice, DT ČSVTS 1982, 213 s.

MILITKÝ, J.: Moderní matematicko-statistické metody v hutnictví III. Ostrava, DT ČSVTS 1985, 258 s.

PARZEN, E.: Nonparametric Statistical Data Modeling, JASA, 74, 1979, č. 365, s. 105-121

SILVERMAN, B. W.: Choosing the window width when estimating a density. Biometrika, 65, 1978, č. 1, s. 1-11

TUKEY, J. W.: Exploratory Data Analysis. Addison Wesley, Reading, Massachusetts 1977 (překlad v ruštině Moskva, Mir 1981), 693 s.

V oblasti ochrany vod před znečištěním je v ekologickém programu na 8. pětiletku v Severomoravském kraji zařazena výstavba řady městských a průmyslových čistíren odpadních vod.

V Ostravě byla stavba zahájena v loňském roce, její plánované ukončení se předpokládá v roce 1993. Rozpočtové náklady činí zhruba sedm set miliónů korun. V příštím roce by se měla začít stavět čistírna v Kopřivnici, o rok později ve Frýdku-Místku, kde například investiční náklady činí asi 353 milióny korun, v Havířově - 214 miliónů korun a v Olomouci - 530 miliónů korun. Ještě v tomto roce bude ukončena výstavba čistírny v Orlové.

V příštím roce bude například započato s výstavbou čistíren odpadních vod v Kovoně Karviná, ve vypařovací a desinfekční stanici v Bohumíně. Značné finanční prostředky si vyžádá i ekologické zabezpečení povrchových úprav kovů v podniku Koh-i-nor Bílovec, v Třineckých železárnách VRSR čistírna fenolových a splaškových vod z města Třince. Dále čistírny v Lachemě Bohumín, v NHKG Ostrava, ve VŽSKG, ve Farmakonu Olomouc, v Tesle Litovel a Rožnov, v Přerovských chemických závodech, v Olšanských papírnách a v dalších podnicích.

VTEI

Ročník 30

Vydává VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ V PRAZE
z pověření ministerstva lesního a vodního hospodářství ČSR

Určeno pracovníkům, zabývajícím se problematikou vodního hospodářství, podnikovým vodohospodářům, pracovníkům národních výborů, vodohospodářských podniků a organizací, zlepšovatelům a novátorům.

Dohlédací pošta Praha 07,
snížený poštovní poplatek povolen Ředitelstvem pošt Praha,
j. zn. P/1-6561/73 ze dne 9. 11. 1973

Evínenční číslo ÚVTEI - 73275

Vychází měsíčně

Redakční
rada:

ing. J. Beneš /předseda/, dr. H. Daňková, ing. T. Elek,
ing. M. Chrtěk, J. Januška, dr. ing. J. Kurka, ing.
A. Ladecký, ing. B. Müller, ing. A. Nejedlý, CSc.,
J. Nietschová, prom. práv., doc. ing. P. Pitter, CSc.,
ing. J. Podzimek, ing. J. Růžička, dr. A. Sladká, CSc.,
ing. V. Sotorník, CSc., ing. T. Švarc, ing. D. Veselý, CSc.,
dr. O. Vlk, ing. E. Zamazalová, ing. J. Zolman.

Redaktor: dr. D. Kubálek

Redakce: Výzkumný ústav vodohospodářský, tel. 311 02 21 a 29
Podbabská 30
160 62 Praha 6

Číslo 10

Cena 3,50 Kčs

