

# VTEI

5

---

1989

VODOHOSPODÁŘSKÉ  
TECHNICKO - EKONOMICKÉ  
INFORMACE

## O B S A H

Vyznamenání nejlepších pracovníků ( V.Beroušek ) .....	181
VODNÍ TOKY A NÁDRŽE	
Princip proporcionality kolísání jakosti vody v říčním profilu ( A.Nejedlý ) .....	184
ODPADNÍ VODY	
Ověření funkce stavebnicové čistírny Hydrovit P ( M.Sýkora )	191
Kolísání množství a kvality městských odpadních vod ( J.Malý ) .....	197
ZÁSOBOVÁNÍ VODOU	
Řešení okruhových vodovodních sítí ( J.Herza ) .....	208
SOUBORNÉ INFORMACE	
Problémy s měřicí technikou pro vodní hospodářství ( J.Drbohlav ) .....	214
60 let ing.V.Pytlá ( - řeh.-) .....	219

Na 3. straně obálky kresba E.Šourka

## VYZNAMENÁNÍ NEJLEPŠÍCH PRACOVNÍKŮ

ing. V. Beroušek, MLVD ČSR

**m**inistr lesního a vodního hospodářství a dřevozpracujícího průmyslu ČSR spolu s předsedou českého výboru Odborového svazu pracovníků dřevoprůmyslu, lesního a vodního hospodářství uspořádali 25. května t.r. slavnostní celoresortní aktiv k předání resortních vyznamenání pracovníkům odvětví lesního a vodního a dřevozpracujícího průmyslu.

Květnový aktiv se uskutečnil v pražském Paláci kultury, kde přijali ocenění ti, kteří dosáhli v minulém období nejlepších pracovních výsledků.

### V odvětví vodního hospodářství

obdrželo resortní vyznamenání v roce 1989 celkem 91 pracovníků; z toho 8 vyznamenání PRŮKOPNÍK SOCIALISTICKÉ PRÁCE, 60 vyznamenání VZORNÝ PRACOVNÍK MLVD ČSR, 22 vyznamenání ZASLOUŽILÝ PRACOVNÍK MLVD ČSR a 1 vyznamenání VZORNÝ ABSOLVENT SOU.

Resortní vyznamenání VZORNÝ PRACOVNÍK MLVD ČSR obdrželi tito soudruzi:

z Povodí Vltavy	- J.LORENC, V. LUDVÍK, M.ROUSOVÁ
z Povodí Ohře	- J.MRÁZEK, Ing.J.PONDĚLÍČEK Z.ŠLIT
z Povodí Labe	- D.GLAWINOVSKI, F.MARTINŮ, J.PRŮŠA, Ing.K.TREJTNAR,CSc.
z Povodí Moravy	- F. DOKOUPIL, K.VAŠTÍK
z Povodí Odry	- K. HRUŠTÁK
z HDP	- J. ŠEVČÍKOVÁ
z VRV	- Ing. I. KYBAST
z VZ	- P.HÜBL, J.KRABEC
z ČHMÚ	- Ing. Z.BARTÁK, L.KYJOVSKÁ, p.f.
z VÚV	- RNDr. J. HÄUSLER, DrSc.



- z Praž.vodáren - J.DANDA, J.KAŠPÁREK, M.ŠPAČEK  
z PKVT - V1. VOSÁTKA  
ze Středoč.VaK - M.BRIKNER, J.STAROSTA, P.ZADINA  
z Jihoč. VaK - F.FOREJT, V.HUSA, V.LANDA  
ze Západoč. VaK - V.KANTA, V.KANTNER, K.KOLÁŘ, Ing.J. ROTTERBORN, M.ŠILHAVÝ  
ze Severoč. VaK - J.HLAVÁČ, L.KUTRLER, J.KÜBELBEK, V.MAŘÍK, Ing.P.SNĚTINA, J.STRNAD  
z Východoč. VaK - V.BOUČEK, J.FILIP, M.CHRAMOSTA, L.ŠOLC  
z Jihomor. VaK - J.CVILINK, Z.HOLEMÁŘ, A.HOLUB, V.PASÁK, J.ROUSEK, E.ŠMERDA, R.ŠTĚRBA, M.TEPLÝ  
ze Severomor.VAK - L.BLINKOVÁ, E.BOČKOVÁ, J.BOUCHAL, F.BUCHVALDEK, J.BURDA, F.FEČÁK, E.SVOBODA

Resortní vyznamenání ZASLOUŽILÝ PRACOVNÍK MLVD ČSR

obdrželi:

- z Povodí Vltavy - J.HERINK  
z HDP - Ing. I.BŘENDA, CSc., Ing.R.SAMEŠ  
z VOS Písek - V1.KAPIČKA  
z VZ Praha - Ing.V1.PYTL  
z PKVT - Ing.Z.PROKŠ  
ze Středoč.VaK - R.BARTOŇ, F.POLÁK, M.SOLAŘ, P.KOČÁREK  
ze Západoč.VaK - E.KOŠTÁL  
ze Severoč.VaK - V.ĽUXA  
z Východoč.VaK - J.SCHEJBAL, J.VOKOUN  
z Jihomor. VaK - P.HORÁK, J.MIKULČÍK, O.KOPÁČKOVÁ  
ze Severom.VaK - E.SCHREIER, St.VÁCLAVÍK  
z Jm KVOS - Ing.A.Škultéty, J.MAŘÍK  
ze Sm KVOS - J.RICHTR

Resortní vyznamenání PRŮKOPNÍK SOCIALISTICKÉ PRÁCE obdržel s. Justin, hrázný z Povodí Vltavy, s. Kysela, fidič z Povodí Vltavy, s. Synek vedoucí pořič.dozorství z Povodí Vltavy, s. Švehla, hrázný z Pov. Ohře, s. Hübl, technik z Pov. Odry, s. Kučera, vedoucí OZ K. Vary Zč. VaK, s. Hájek, čistič kanal.zař. Sm Vak - OZ Olomouc a s. Ing.Jarkosz, ek. nám. OZ Ostrava 1 - Sm VaK.

Resortní vyznamenání VZORNÝ ABSOLVENT SOU obdržel s. BUBENÍČEK - Sou Vys. Mýto (Vě VaK).

S delegacemi podniků se zúčastnili květnového aktivu i pracovníci, jimž bylo v prvním pololetí a v předvečer 1.máje propůjčeno prezidentem republiky státní vyznamenání. Z odvětví vodního hospodářství to jsou vedle ministra LVD ČSR s. Ing. J. Bočka, který obdržel Řád práce, soudruzi Ing. Zdeněk Kamarýt, ředitel závodu Horní Vltava a Josef Mikeš, vedoucí provozní čety z Povodí Ohře.

Při příležitosti ukončení aktivní činnosti obdržel státní vyznamenání - medaili ZA OBĚTAVOU PRÁCI PRO SOCIALISMUS - Ing. Josef Beneš, poradce ministra, dlouholetý pracovník odvětví vodního hospodářství a předseda redakční rady VTEI.

Všem vyznamenaným blahopřejeme a připojujeme se k poděkování za příkladné pracovní výsledky a angažovanost.

*OROR*

Nikaragua a Japonsko se v zásadě dohodly na vybudování nového průplavu přes nikaragujské území, spojujícího Atlantický a Tichý oceán.

Jak prohlásil vedoucí delegace japonských investorů a stavebních odborníků Kozo Jamamoto, nyní zbývá především zvolit optimální variantu průplavu. Jedna z možností předpokládá jeho vyhloubení, druhá pak jeho vedení v nadmořské výšce 36 metrů s využitím vodních ploch jezera Nikaragua nebo Cocoibolca.

I když nebyly zveřejněny žádné detaily, předpokládá se, že náklady na tento projekt by se mohly pohybovat kolem několika miliard amerických dolarů a práce na průplavu by trvala až do konce tohoto století. Dosavadním Panamským průplavem, uvedeným do provozu v roce 1914, mohou proplouvat pouze lodí do výtlaku 64 000 tun.

# vodní toky a nádrže



## Princip proporcionality kolísání jakosti vody v říčním profilu

Ing. A. Nejedlý, CSc., VÚV Praha

Dříve než se budeme věnovat svému dnešnímu tématu, připomeňme si krátce dva minulé příspěvky. Ve VTEI č. 1/87, str. 12-18 jsme ukázali model jakosti vody v říčním profilu. Jednou šlo o profil s převahou vlivu plošných zdrojů látek (Mže, Radčice, 1981-85  $\text{NO}_3^-$ , mg/l), podruhé o profil s převahou vlivu bodových zdrojů látek, či spíše s kombinací vlivu bodových a plošných zdrojů látek (Labe, Dolní Bečkovice, 1980-84,  $\text{NH}_4^+$ , Mmg/l).

Je třeba dodat, že takovéto modely se hodí k řešení různých úloh. Jejich použití pro účely prognózy "mimo reálný čas", tedy při celkově nezměněné úrovni působení zdrojů látek, avšak pro různé hodnoty ročního času a průtoku, je celkem nabíledni.

Pokud by však šlo o prognózu v "reálném čase", je věc již poněkud složitější. Musí být znám především trend působení zdrojů látek. Způsobem jeho identifikace jsme se již zabývali (VTEI č. 6/88, str. 211-227). Dále je třeba znát vztah mezi ročními směrodatnými odchylkami a středními ročními hodnotami jakosti vody. Jeho určením se budeme zabývat nyní. A konečně, je třeba analyzovat režim průtoku. Řešení tohoto dílčího problému již v tomto příspěvku neobsáhneme a musíme ho odložit na jinou příležitost. Teprve po vykonání všech zmíněných kroků bude možné přistoupit k vlastní prognóze, tj. k transformaci modelu jakosti vody v říčním profilu k jiným časovým úrovním, než pro které byl kalibrován.

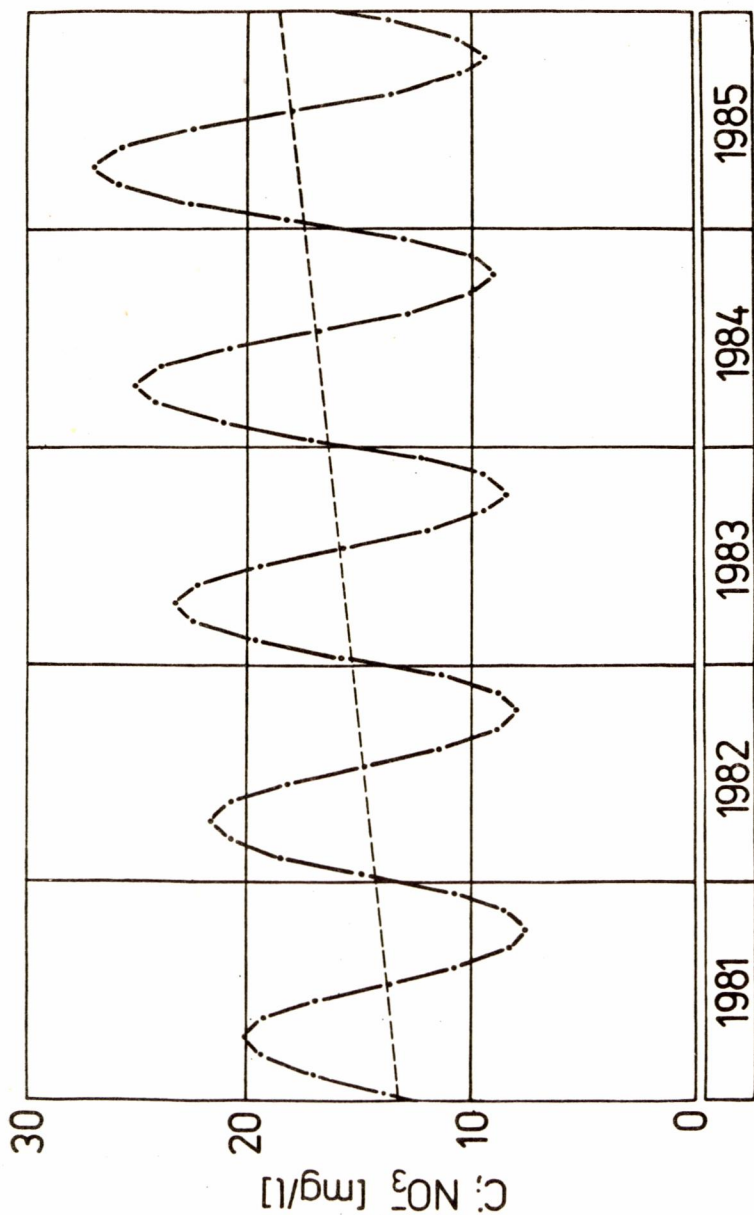
Připomeňme si ještě, že trend jakosti vody jsme identifikovali na podkladě dostatečně dlouhých časových řad středních ročních hodnot průtoku a uvažovaného ukazatele jakosti vody. Toho, co se děje s jakostí vody uvnitř jednotlivých roků, jsme si zatím nevšimli. Jak již ale víme, v profilech s převahou vlivu plošných zdrojů látek (např. Mže-Radčice,  $\text{NO}_3^-$ , mg/l) se projevují především roční cyklické změny. V profilech s převahou vlivu bodových zdrojů látek (např. Labe - Dol. Bečkovice,  $\text{NH}_4^+$ , mg/l) se uplatňuje hlavně korelovaná složka, tj. závislost jakosti vody na průtoku (jde-li o konzervativní látky), či na průtoku a teplotě vody (jde-li o látky nekonzervativní).

Teplota vody jako nezávisle proměnná má zvláštní postavení. Její vliv může být obsažen jak ve složce korelované, tak-vzhledem k jejímu značně pravidelnému ročnímu cyklu - i v roční složce cyklické. Ostatně, přítomnost obou složek se může kombinovat a s výjimkou případů, kdy je jakost vody vyjádřena specifickými ukazateli, se zpravidla také různě kombinuje. Potom záleží na tom, v jakém pořadí obě složky identifikujeme. Ta, kterou identifikujeme jako první, obvykle pojme i podstatný díl vlivu teploty vody.

A nyní k tomu, nač bychom chtěli obrátit pozornost čtenáře především: vlastností jakosti vody je, že velikost obou složek, ať již je uvažujeme samostatně nebo sloučené, vyjádřená ročními směrodatnými odchylkami, není konstantní, ale je přímo úměrná středním ročním hodnotám jakosti vody.

Tento, lze říci princip, je pro lepší představu znázorněn v grafu na obr. 1. Nejde o smyšlený příklad, nýbrž o konkrétní případ trendu a ročního kolísání obsahu dusičnanů v profilu Radčice na Mži. Pro jednoduchost a větší názornost však nejsou vyznačena původní data, nýbrž již zobecněný vývoj jakosti vody, vztažený k určitému, konstantnímu průtoku. Zvolen byl typický, tj. přibližně modální, či nejpravděpodobnější průtok  $Q_{270} = 4,33 \text{ m}^3/\text{s}$ . Možno však provést i pro kterýkoliv jiný průtok.





Obr. 1 - Znárodnění principu proporcionality kolísání jakosti vody v říčním profilu na příkladu vývoje koncentrace dusičnanů v profilu Mže-Radčice

Vztah proporcionality, tj. závislost roční směrodatné odchylky  $s'_c$  na střední roční hodnotě uvažovaného ukazatele jakosti vody  $\bar{C}$  lze podle naší dosavadní zkušenosti uspokojivě aproximovat mocninovou funkcí ve tvaru

$$s'_c = b_0 + b_1 \bar{C}^{b_2} \quad (1)$$

Kvůli co nejobecnější použitelnosti ji uvádíme v zatížené podobě, tj. s třemi parametry. Zdá se však, že parametr  $b_0$  je často roven nule.

Není jisté třeba zvlášť zdůrazňovat, že je nezbytné, aby zjištěný vztah proporcionality byl vysoce signifikantní. A jestliže ke kalibraci modelů, jaké jsme ukázali v předchozím článku, stačilo desetileté období a četnost odběru 12 vzorků za rok, k aproximaci vztahu podle rovnice (1) je nejlépe volit období co nejdelší.

Pro časový vývoj koncentrace dusičnanů v profilu Mže-Radčice byly v období 1967-87 zjištěny tyto parametry:

(a) v rovnici pro závislost střední roční koncentrace  $\bar{C}$  na čase  $t$  a středním ročním průtokem  $\bar{Q}$  (VTEI č. 6/88, str. 211-217, rovnice (1))

$$a_0 = 0$$

$$a_1 = 0,025 \ 23$$

$$a_2 = 0,066 \ 932$$

$$a_3 = 0,602 \ 213$$

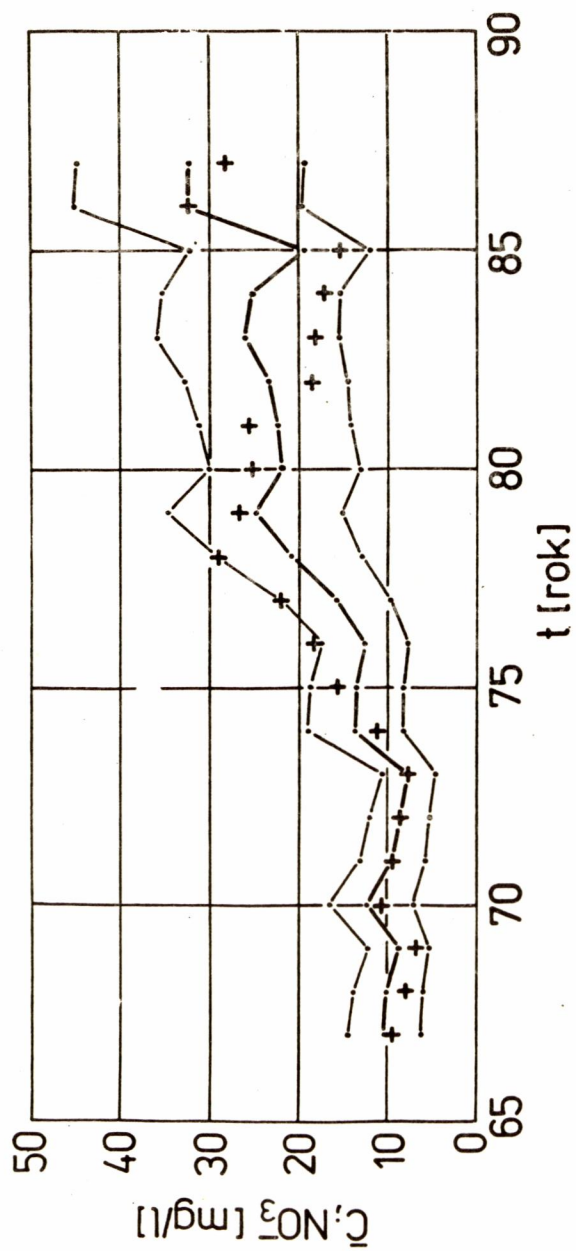
$$a_3/a_2 = 9,0$$

(b) v rovnici pro závislost směrodatné odchylky  $s'_c$  na střední roční hodnotě  $\bar{C}$  (rovnice (1) v tomto příspěvku), s pominutím roku 1977, v němž hodnota  $s'_c$  nadměrně vybočovala

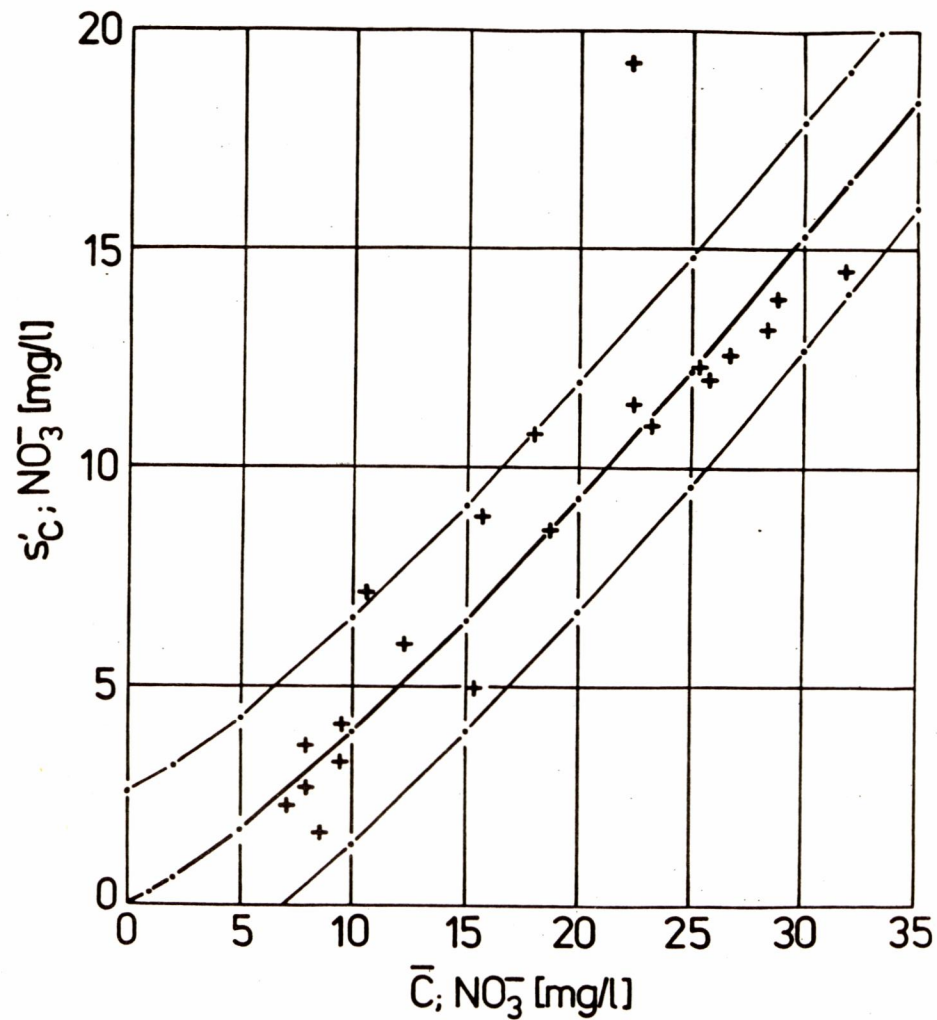
$$b_0 = 0$$

$$b_1 = 0,233 \ 3$$

$$b_2 = 1,229 \ 7$$



Obr. 2 - Mže, Radčice, 1967-87; závislost střední roční koncentrace dusičnanů na čase a středním ročním průtoku



Obr. 3 Mže, Radčice, 1967-87; závislost roční směrodatné odchylky koncentrace dusičnanů na jejich střední roční koncentraci





## odpadní vody

Oba vztahy byly otestovány na hladině významnosti  $\alpha = 0,01$ . Pro oba vztahy byly zjištěny meze konfidenčních intervalů nepřekročené s pravděpodobností  $P = 95 \%$ . V prvním případě (obr. 2) byl konfidenční interval vypočten na podkladě relativních odchylek a činil  $I_{95\%} = (1 + 1,96 s') \bar{C} = (1 \pm 0,390 52) \bar{C}$ .

V druhém případě (obr. 3) byl vypočten na podkladě absolutních odchylek a činil  $I_{95\%} = s_c' \pm 2,58$ . Tečkou vpravo nahoře jsou označeny výsledné, teoretické hodnoty.

Tolik k principu proporcionality kolísání jakosti vody a k jeho využití. Příště o analýze režimu průtoku v rámci matematické prognózy jakosti vody v říčním profilu.



### K záchraně Aralského jezera

Nedávno byl ustaven výbor pro záchranu Aralského jezera. Středoasijské řeky Amudarja a Syrdarja přestaly napájet vodu jedno z největších jezer na světě. Pouť vody končí v bavlníkových polích. Provádějí se modelové výpočty a rozbor situace. Ukázalo se, že úprava bavlníkových polí může uvolnit až 40 kilometrů krychlových vody. Jinou variantou je upustit na rok od pěstování bavlny a vodu vrátit jezeru. Zkoumají se také další projekty na záchranu Aralského jezera a jezera Balchaš. Bez rozsáhlých mimořádných opatření by do roku 2000 bezodtoké slané jezero zmizelo z mapy světa.

### Ledovec hrozí

Milióny tun ledu se daly do pohybu na západním svahu Pamíru v sovětském Tádžikistánu a přibližují se pomalu k řece Abdukagoru. Hrozí nebezpečí rozsáhlých záplav v hustě osídleném údolí. Ledovec o rozloze 25 čtverečních kilometrů, který skouzává z horského úbočí, může vyvolat kritickou situaci, podobně jako v letech 1963 a 1973. Ledový sesuv tehdy přehradil jezero, které zaplavilo zalidněné údolí. Obyvatelstvo muselo být narychlo evakuováno. Podle tádžických hydrometeorologů nyní dělí ledovec od řeky 330 metrů. Ledový masív se přihližuje o jeden až dva metry za den, avšak když se oteplilo, sesuv byl se zrychlil.

### Ověření funkce stavebnicové čistírny Hydrovit P

Ing. M. Sýkora, HDP OZ Ostrava

V době, kdy končil úspěšný ověřovací provoz Hydrovitu 500 S pro splaškové vody na ČOV v Ostravě - Třebovicích, dokončovala se v nedalekých Potravinářských závodech v Martinově výstavba Hydrovitu P pro čištění odpadních vod potravinářského průmyslu.

Cílem vývojového úkolu VŽSKG Vítkovice, na němž spolupracovali Hydroprojekt, Masokombinát Martinov, VŠCHT Praha, ČVUT Praha, VŠZ a VÚV Praha bylo ověřit ve zkušebním provozu účinnost navrhovaného čištění i provozní spolehlivost a stanovit nároky na obsluhu i provozní náklady. Protože se uvažovalo o případném využití vyprodukovaného bílkovinného substrátu ke krmným účelům, byla sledována i kvalita produkovaného krmiva. Zkušenosti z výstavby i provozu se staly podkladem k vypracování studie technologického řešení a návrhu rozměrové řady. Stavební řešení reaktoru umožňuje jeho využití bez větších úprav pro technologický proces čištění s částečným odstraňováním dusíkatého znečištění (nitrifikační a denitrifikační zóny reaktoru) nebo s oddělenou předřazenou regenerací kalu (záměna za denitrifikační zónu).

Zkušební provoz byl zahájen koncem roku 1985 a ukončen po dvou letech. Již při výběru lokality v Masném závodě v Martinově se předpokládalo, že předčištění odpadních vod přes hydrosíta a lapáky tuků, tvořené sedimentačními nádržemi s dobou zdržení cca 100 minut, nebude postačovat. Navrženou výstavbu elektroflotace k snížení koncentrace tuků se však nepodařilo zajistit.

### Základní údaje o Hydrovitu P:

Vlastní stavebnicová čistírna odpadních vod se skládá z čerpací jímky, vyrovnávací nádrže, dvou sdružených jednotek biologického čištění a kalového hospodářství.

### Čerpací jímka a vyrovnávací nádrž

U objektu mechanického předčištění odpadních vod v masném závodě jsou v čerpací jímce ponořena 3 ponorná čerpadla 80 GFMU, každé o výkonu  $17 \text{ l.s}^{-1}$ , která přerušovaně podle přítoku přečerpávají odpadní vody do vyrovnávací nádrže o průměru 15,4 m, maximální provozní výšce 5 m a užitečném objemu  $934 \text{ m}^3$ . Nádrž lze promíchávat tlakovým vzduchem. V projektu se předpokládalo, že v pracovní dny se postupně bude hromadit ve vyrovnávací nádrži odpadní voda, která se pak v menším množství přečerpá do biologického stupně v době pracovního klidu.

### Sdružené jednotky biologického čištění

Objem aktivace je  $761,6 \text{ m}^3$ , z toho 2 zóny denitrifikace mají objem  $253,9 \text{ m}^3$  a 4 zóny nitrifikace s odplyňovacím prostorem zaujímají objem  $507,7 \text{ m}^3$ . Pneumatická středobublinatá aktivace předpokládá, že se využije asi 5 % kyslíku ze vzduchu vhnáného do jednotlivých sekcí jedním nebo dvěma ze tří čerpadel HIBON. Výkon dmyhadla je  $1750 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ . Přiváděný tlakový vzduch se dělí do jednotlivých sekcí nitrifikace 52,3 %, 20,8 % a 12,1 %. Denitrifikace se promíchává ponorným čerpadlem 150 GFMU o výkonu  $Q = 75 \text{ l.s}^{-1}$ . Aktivace tvoří mezikruží. Uprostřed je dosazovací nádrž o průměru 6 m a výšce hladiny 4,8 m a obsahu  $135,7 \text{ m}^3$ . Je vybavena stíráním kalu.

### Kalové hospodářství

Vlastní technologie zpracování přebytečného kalu byla rozdělena do tří operací: zahuštění přebytečného kalu tlakovou flotací, chemicko-technická úprava zahuštěného kalu a odvodnění.

Jako flotační nádrž byla upravena zahušťovací nádrž ZN 16. Sytičí nádrž tvořil větrník  $1,6 \text{ m}^3$ , vybavený vestavbou pro účinnější syčení vody vzduchem. Zdrojem vzduchu je kompresorová stanice PKS 17 ( $Q=17 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  a  $P = 0,6 \text{ MPa}$ ). Režim tlakové flotace vychází z předpokládané doby zdržení v sytiči 3,5 min. tlaku 0,3 MPa a teploty vody  $20^\circ\text{C}$ . Zahuštěný kal je stírán z flotace do zásobních nádrží kalu typu MCHR o obsahu  $6,3 \text{ m}^3$  a průměru 2 m.

Do zahuštěného kalu se dává kys. fosforečná. Okyselený kal na hodnotu pH 2,7 se ohřeje topnou vodou z výměňkové stanice na  $80^\circ\text{C}$  a čerpá se k odvodnění na pásovém lisu CENED 1000.

Souhrn poznatků z ověřovacího provozu, který probíhal od listopadu 1985 do března 1988.

Cílem ověřovacího provozu SČPV - 2 - 30 Hydrovitu P bylo prověřit účinnost a provozní spolehlivost čistírny jako celku a získat údaje o kvalitě produkovaného krmiva.

Ze srovnání údajů v projektu se skutečným stavem během 17 měsíců provozu vyplývá, že na HYDROVIT P přitékalo méně odpadních vod s vyšší koncentrací znečištění a nadměrným množstvím extrahovatelných látek.

Provoz vyrovnávací nádrže byl poznamenán nedostatečným odstraněním tuků. Po několika měsících provozu se pokrýla hladina takřka metrovou vrstvou organických látek a tuku. Pracovníci VŽSKG sice vyvinuli na odstranění tuků hladiny šnekový transportér, který má dopravovat plovoucí organické látky a tuk ke skluzu do kontejneru; k provoznímu využití v době zkušebního provozu však ji nedošlo. Z laboratorního sledování vyplývá, že ve vyrovnávací nádrži ubylo 15,4 % BSK<sub>5</sub> a 37,2 % extrahovatelných látek.

### Provoz komplexních biologických jednotek

Podle vývojového úkolu se mělo docílit max. zbytkového znečištění  $60 \text{ mg.l}^{-1}$  BSK<sub>5</sub> a  $90 \text{ mg.l}^{-1}$  NL. Brzy po zahájení provozu musela být osazena před každou biologickou



jednotku rozdělovací nádržka, která umožňuje zrovnoměrnit nátok dle celkového denního množství odpadních vqd. Snižovat množství zeškrčením šoupátka je nevhodné, neboť dochází k ucpání čerpadla nebo zeškrčeného potrubí. Do doby instalace rozdělovacích nádržek se do sdružených biologických jednotek nečerpala žádná odpadní voda až 44 % celkové doby. Po instalaci se doba bez čerpání snížila na 17,2 %.

Vracený kal byl přečerpáván mamutovými čerpadly, která nahradila odstředivá čerpadla o vyšších výkonech. Během 152 dnů laboratorního sledování byly průměrné hodnoty na přítoku do obou jednotek aktivace a na odtoku z dosazovacích nádrží následující: množství  $732,6 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ , teplota odpadních vod v aktivaci se pohybovala od 19 do  $26^\circ\text{C}$ .

Stanovení	Přítok do aktivace		Odtok z dosazovací nádrže	
	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	$\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$	$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	$\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$
pH		6,3		7,1
CHSK	3387	2481	143	104,7
BSK <sub>5</sub>	1672	1225	22,3	16,3
RL	2456	1799	2293	1679,6
NL	850	622	82,5	60,5
Extrahovatelné lát.	340	249	16,3	12,3

Kalový index se během 15 měsíců sledování pohyboval od 54 do  $338 \text{ ml} \cdot \text{g}^{-1}$ ; průměr byl  $160 \text{ ml} \cdot \text{g}^{-1}$ . Sedimentační vlastnosti oživeného kalu nepříznivě ovlivňovalo velké množství extrahovatelných látek. Zatížení kalu po 24 týdnů bylo v rozmezí 0,05 - 0,15 po dobu 31 týdnů 0,16 - 0,25 a po dobu 15 týdnů bylo vyšší než  $0,25 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ . Recirkulační poměr byl zprvu vysoký; po instalaci mamutových čerpadel pro čerpání vraceného kalu se pohyboval od 0,8 do 2. Od října 1987 se v sobotu a neděli snižoval nátok na každou biologickou jednotku z 5 na  $2 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ . Při vyšších nátocích byla v provozu 2 dmychadla, při nižším nátoku jedno.

Průměrné čisticí efekty byly: dle CHSK 95,8 %, dle BSK<sub>5</sub> 98,7 %, dle NL 90,1 % a dle extrah. látek 95,1 %. Zvýšený únik NL je ovlivněn sorbcí extrahovatelných látek na vložky oživeného kalu.

Proces nitrifikace a denitrifikace probíhal v komplexních biologických jednotkách uspokojivě. Na vstupu do aktivace bylo v průměru  $70,6 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1} \text{NH}_4^+$  a  $20,9 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1} \text{NO}_3^-$ . Z bilance dusíku a fosforu vyplývá, že úbytek veškerého dusíku byl 84,8 %, veškerého fosforu 85,7 %. I přes vysokou recirkulaci aktivací směsi byly v denitrifikaci dle měření redox potenciálu dobré anoxické podmínky.

Z 1 kg odbouraného BSK<sub>5</sub> vznikalo 0,55 kg NL. Při velmi omezeném provozu kalového hospodářství se spotřebovalo na vyčištění  $1 \text{ m}^3$  odpadní vody 4,19 kWh a na 1 kg odbouraného BSK<sub>5</sub> 2,62 kWh.

#### Kalové hospodářství

Proces tlakové flotace po počátečních potížích probíhal uspokojivě. Přebytečný kal o sušině 5 až  $6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  lze zahusťovat flotací na 30-50  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Pro optimální chod flotační jednotky je nutné dodržet max. povrchové zatížení flotační nádrže NL  $8 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ . Kromě rovnoměrného nátoku musí být správně nastavena výška provozní hladiny ve flotační nádrži, aby byla shrabována pouze horní nejzahuštěnější vrstva vyflotovaného kalu. Vyflotovaný kal se v uskladňovací nádrži rozvrstvoval. V horní části se hromadil oživený kal bohatší tukem.

Vlastní provoz chemicko-termické úpravy prokázal nevhodnost vybudovaného zařízení pro navrženou technologii. Vlivem nevhodného míchání vyflokulovaného okyseleného kalu, použitím čerpadel a dlouhou trasou potrubí byly vytvořeny vložky před nátokem na pásový lis rozbité a pro odvodňování nepoužitelné. I při použití organických flokulantů byl zjevný nepříznivý vliv dlouhé trasy vyvločkování kalu. Solidní výsledky byly docíleny pouze při vytváření vložek přímo před pásovým litem (i v tomto případě byly výkony pásového

lisu při odvodňování vyšší při použití OF než při chemicko-termické úpravě). Nepříznivý vliv na odvodňovací vlastnosti kalu měl i častý vysoký obsah tuků (přes 10 % sušiny kalu).

V souladu s metodikou byla sledována kvalita odvodněného kalu z hlediska krmivářského. Kvalita ve čtyřech vybraných parametrech (dusíkaté látky, koeficient stravitelnosti N-látek, stravitelné N-látky, bílkoviny dle Barnsteina) byla splněna.

Možnost použití vyprodukovaného kalu jako přísady do krmných směsí byla mimo jiné ověřována také Vysokou školou zemědělskou v Praze-Suchdole. Dávky 2 - 7 % sušeného kalu se při krmných zkouškách brojlerů v žádném ze sledovaných ukazatelů neprojeví negativně. Vzhledem k obtížnosti a závažnosti rozhodnutí o schválení používání aktivovaného kalu z ČOV potravinářského průmyslu jako bílkovinné přísady do krmiv hospodářského zvířectva (možný obsah těžkých kovů či dalších residuí) byl kal i z této ČOV zařazen do řešení státního úkolu P 11-329-806 "Získávání krmných biokalů z BČOV potravinářského průmyslu" pod koordinaci VÚPP Praha. Výsledky jsou obsaženy nejen v závěrečné zprávě úkolu, ale i publikovány autory v odborném tisku.

S ohledem na problémy při odvodňování zahuštěného okyseleného a ohřátého kalu na stávající lince se navrhly a částečně odzkoušely tyto možnosti řešení kalového hospodářství:

- původní navržená chemicko-termická úprava na provizorním diskontinuálním zařízení v poloprovozním měřítku (postupné okyselení a ohřátí v jedné nádrži před lisem s přímým následným odvodňováním);
- odběr 4 - 5 procentního kalu po tlakové flotaci přímo pro výrobu krmných past;
- úprava kalu  $H_3PO_4$  s nízkou dávkou polymerního flokulantu  $1,5 - 2,2 \text{ g.kg}^{-1}$  před síťovým lisem a následné odvodnění na pásovém lisu;
- klasická úprava kalu s dávkou  $3 - 4,5 \text{ g.kg}^{-1}$  polymerního flokulantu (opět před síťovým lisem a odvodnění na pásovém lisu).

## Závěr

Ověřování stavebnicové čistírny odpadních vod ze smaltovaných plechů SČPV 2-30 (Hydrovitu P) v Masokombinátě v Martinově prokázalo vysokou účinnost odstranění  $BSK_5$ , veškerého dusíku a fosforu. Provoz biologické části je nenáročný na obsluhu. Vyžaduje zrovnomměrnění přítoku vody např. instalací rozdělovacích nádržek a dokonalejší pravidelné předčištění odpadních vod od extrahovatelných látek.

Jiná je situace v kalovém hospodářství. Zahušťování kalu pro snížení jeho objemu lze výhodně provádět tlakovzdušnou flotací na ČOV, realizovanou VŽSKG. Kal bez využití pro krmné účely může být odvodňován na instalovaném pásovém lisu CENED při použití běžných dávek OF.

Ověřování využití přebytečného kalu jako přísady do krmiva hospodářských zvířat nelze považovat za ukončené. I v případě povolení využití kalu pro tyto účely nelze stávajících zařízení použít komplexně. Provedené práce poskytly pouze podklady pro návrhy možného způsobu realizace.

## **Kolisání množství a kvality městských odpadních vod**

RNDr. J. Malý, CSc., JmVaK Brno

**P**ři hodnocení množství a kvality odpadních vod odváděných z veřejných kanalizací, případně i čištěných na ČOV, nás zajímají nejen průměrné hodnoty těchto veličin za určité sledované období, ale i jejich kolísání, ke kterému dochází v průběhu dne i během roku. Znalost průtokových i koncentračních maxim je potřebná nejen pro projektování čistírenských zařízení, ale i při posuzování vodoprávního stavu veřejné kanalizace, neboť vodohospodářská rozhodnutí pro veřejné kanalizace obsahují vedle bilančních limitů průtoku a znečištění dle  $BSK_5$ , NL, příp. dalších ukazatelů za období roku také limity maximálního průtoku a maximální koncentrace znečišťujících látek.



Kolísání množství a kvality odpadních vod ve veřejné kanalizaci je v průběhu dne určeno životním a výrobním rytmem města a průmyslových závodů a opakuje se periodicky po 24 hodinách, přičemž pravidelnost kolísání je ve větší míře narušována u jednotné kanalizace jen dešťovými vodami. Naproti tomu kolísání denních průměrných veličin v průběhu roku má ráz náhodnosti s výjimkou rozlišení pracovních a nepracovních dnů. Proto je problematika kolísání denních průměrů a okamžitých hodnot v průběhu dne pojednána odděleně. Z hodnocených parametrů je věnována pozornost průtokovému množství a  $BSK_5$ , které je základním ukazatelem kvality odpadních vod.

Pro statistické vyhodnocení rozptylu sledovaných veličin je třeba zavést některé pojmy. Označme sledovanou veličinu  $X$ , u níž nás zajímají její roční průměry (označení  $X_r$ ), denní průměry ve dnech 1 až  $n$  (označení pro  $i$ -tý den  $X_{di}$ ) a maxima dosažená v průběhu dne (označení pro  $i$ -tý den  $X_{mi}$ ). Aby bylo možno hodnotit a porovnávat údaje nejen jedné lokality, ale vzájemně i výsledky dosažené na různých lokalitách, příp. v odlišných časových obdobích, zavádíme pojem koeficientů nerovnoměrnosti, a to následovně:

- 1) Koeficient denní nerovnoměrnosti  $k_{di} = X_{di}/X_r$  je poměrem mezi průměrnou hodnotou sledované veličiny v den  $i$  a ročním průměrem této veličiny.
- 2) Koeficient hodinové nerovnoměrnosti vztažený k dennímu průměru  $k_{hi} = X_{mi}/X_{di}$  je poměrem mezi maximem sledované veličiny dosaženým v průběhu dne  $i$  a průměrnou hodnotou této veličiny v den  $i$ .
- 3) Koeficient hodinové nerovnoměrnosti vztažený k ročnímu průměru  $k_{mi} = X_{mi}/X_r$  je poměrem mezi maximem sledované veličiny dosaženým v průběhu dne  $i$  a průměrnou hodnotou této veličiny období roku.

Definujme dále pravděpodobnost nepřekročení koeficientu  $k_x$  jako podíl těch hodnot  $k_{xi}$  z celého jejich měřeného souboru, které jsou menší nebo rovny zvolené hodnotě  $k_x$ . V uvedených symbolech znamená  $x$  některý z koeficientů  $d$  nebo  $m$ . Funkční závislost hodnot  $k_x$  na pravděpodobnosti jejich nepřekročení nazveme křivkou pravděpodobnosti nepřekročení koeficientu  $k_x$ .

#### Koeficient denní nerovnoměrnosti

Závislost hodnot  $k_d$  na pravděpodobnosti jejich nepřekročení byla vyhodnocena u osmi větších ČOV s aktivací ve správě JmVaK v období bezporuchového provozu těchto čistíren (tab. 1-4). Hodnocen byl průtok a koncentrace  $BSK_5$  v surové a biologicky vyčištěné odpadní vodě. Průběh křivek pravděpodobnosti nepřekročení koeficientu  $k_d$  je ve všech případech podobný. Proto byla sestrojena tato křivka pro každou uvedenou veličinu jako průměr ze všech hodnocených lokalit, což je znázorněno plnými čarami na obr. 1 až 3. Současně je na těchto obrázcích čárkovane vyznačen rozptyl zjištěných veličin hodnoceného souboru.

Pro ozřejmění výše uvedených pojmů může sloužit následující příklad z obr. 1. Jestliže je např. u hodnoty  $BSK_5$  ve vyčištěné odpadní vodě při pravděpodobnosti nepřekročení 0,90 hodnota  $k_d$  rovna 1,6, znamená to, že ze souboru hodnot  $k_{di}$  za delší časové období nebude 90 % z nich větších než 1,6. Roční průměr  $BSK_5$  ve vyčištěné odpadní vodě je např. u hodnocené ČOV 20 mg/l, počet rozborů vzorků slévaných po dobu 24 h je 200/rok. Potom z tohoto souboru výsledků bude pravděpodobně hodnota  $BSK_5$  ve 180 případech menší než 32 mg/l ( $20 \times 1,6$ ) a ve 20 případech tuto hodnotu překročí.

Průběh křivek pravděpodobnosti nepřekročení koeficientu  $k_d$  je v blízkosti pravděpodobnosti 1,0, tj. v blízkosti maxima denního průměru dosaženého ve sledovaném období, značně strmý. Z toho vyplývá, že toto maximum má malou statistickou

Tab. 1: Velikost koeficientu  $k_d$  při vybraných pravděpodobnostech jeho nepřekročení na ČOV JmVaK - průtok odpadní vody (r. 1981)

ČOV	roční prům. $m^3/d$	velikost $k_d$ při pravděp. nepřekročení		
		1,0 (max)	0,95	0,90
Boskovice	3 764	1,32	1,28	1,20
Břeclav	9 960	1,29	1,14	1,09
Gottwaldov	38 860	1,32	1,20	1,15
Jihlava	18 052	1,56	1,25	1,16
Kroměříž	13 460	1,45	1,28	1,22
Prostějov	19 904	1,92	1,63	1,49
Vyškov	8 080	1,79	1,34	1,29
Žďár n.S.	7 622	1,84	1,36	1,23
průměr	14 975	1,56	1,31	1,23
směrod. odch.	-	± 0,08	± 0,04	± 0,03

Tab. 2: Velikost koeficientu  $k_d$  při vybraných pravděpodobnostech jeho nepřekročení na ČOV JmVaK - kvalita nečištěné odpadní vody dle BSK<sub>5</sub> (r. 1981)

ČOV	roční prům. mg/l	velikost $k_d$ při pravděp. nepřekročení		
		1,0 (max)	0,95	0,90
Boskovice	120	2,23	1,79	1,56
Břeclav	190	2,95	1,95	1,67
Gottwaldov	227	3,14	1,53	1,31
Jihlava	248	3,02	1,95	1,41
Kroměříž	203	4,05	1,91	1,70
Prostějov	311	2,70	1,51	1,38
Vyškov	239	2,18	1,63	1,46
Žďár n.S.	187	2,51	1,55	1,34
průměr	216	2,85	1,73	1,48
směrod. odch.	-	± 0,17	± 0,07	± 0,05

Tab. 3: Velikost koeficientu  $k_d$  při vybraných pravděpodobnostech - kvality biologicky čištěné odp. vody dle BSK<sub>5</sub> (r. 1981)

ČOV	roční prům.	velikost $k_d$ při pravděp. nepřekročení		
		1,0 (max)	0,95	0,90
Boskovice	19,4	2,06	1,60	1,55
Břeclav	28,9	3,29	2,08	1,74
Gottwaldov	26,0	3,15	1,55	1,35
Jihlava	23,0	2,74	2,13	1,95
Kroměříž	27,7	4,74	2,10	1,79
Prostějov	37,5	2,96	2,03	1,52
Vyškov	21,7	2,07	1,70	1,52
Žďár n.S.	17,7	3,05	1,62	1,52
průměr	25,2	3,00	1,85	1,62
směrod. odch.	-	± 0,21	± 0,09	± 0,06

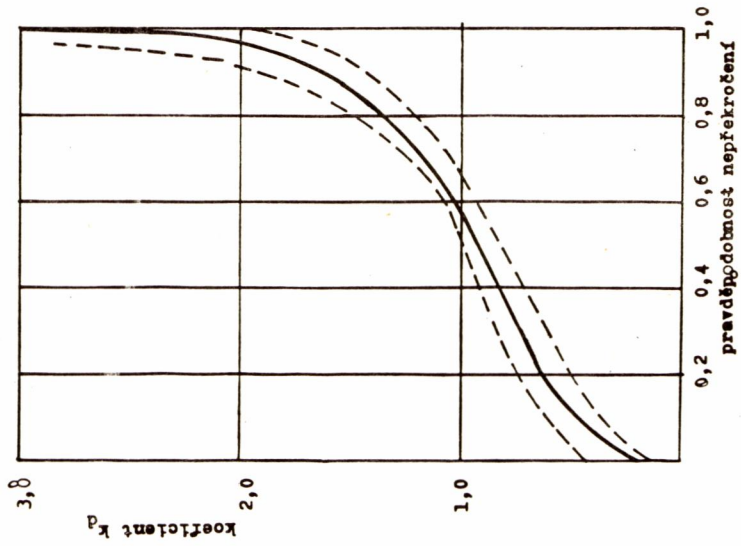
Tab. 4: Velikost koeficientu  $k_d$  při vybraných pravděpodobnostech - kvalita biologicky čištěné odp. vody dle BSK<sub>5</sub> (r. 1987)

ČOV	roční prům. BSK <sub>5</sub> mg/l	velikost $k_d$ při pravděp. nepřekročení		
		1,0 (max)	0,95	0,90
Brno	14,9	3,09	2,21	1,95
Tišnov	15,6	2,01	1,73	1,57
Břeclav	25,0	3,48	2,48	1,92
Gottwaldov	43,1	2,11	1,59	1,42
Hodonín	16,5	2,74	2,00	1,82
Jihlava	24,6	2,80	2,36	2,11
Kroměříž	32,7	2,92	2,14	2,10
Prostějov	20,2	1,55	1,50	1,47
Třebíč	33,2	1,60	1,47	1,41
U. Hradiště	20,9	3,42	2,20	1,82
Vyškov	15,0	2,27	1,68	1,43
Znojmo	27,5	4,23	2,18	1,78
Žďár n.S.	9,7	3,20	1,85	1,55
průměr	23,0	2,72	1,95	1,72
směrod. odch.	-	± 0,18	± 0,08	± 0,06



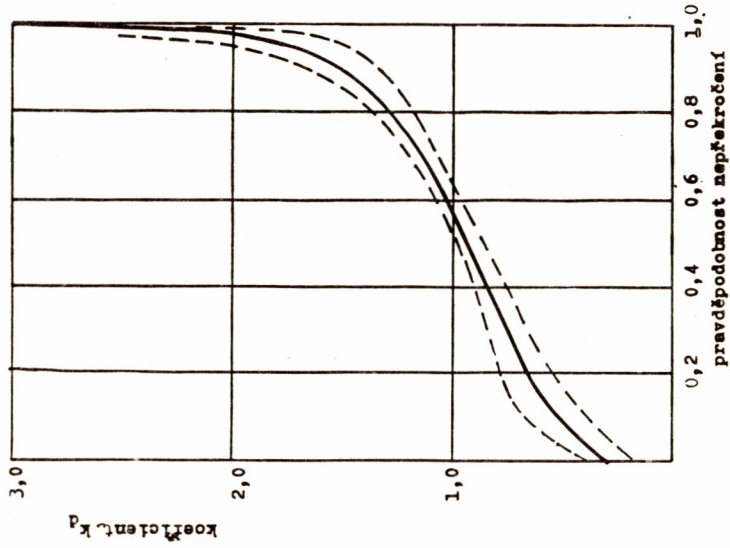
Obr.č.: 1.

Křivka pravděpodobnosti nepřekročení  
koeficientu  $k_d$  pro koncentraci BSK<sub>5</sub>  
v biologicky čistěné odpadní vodě



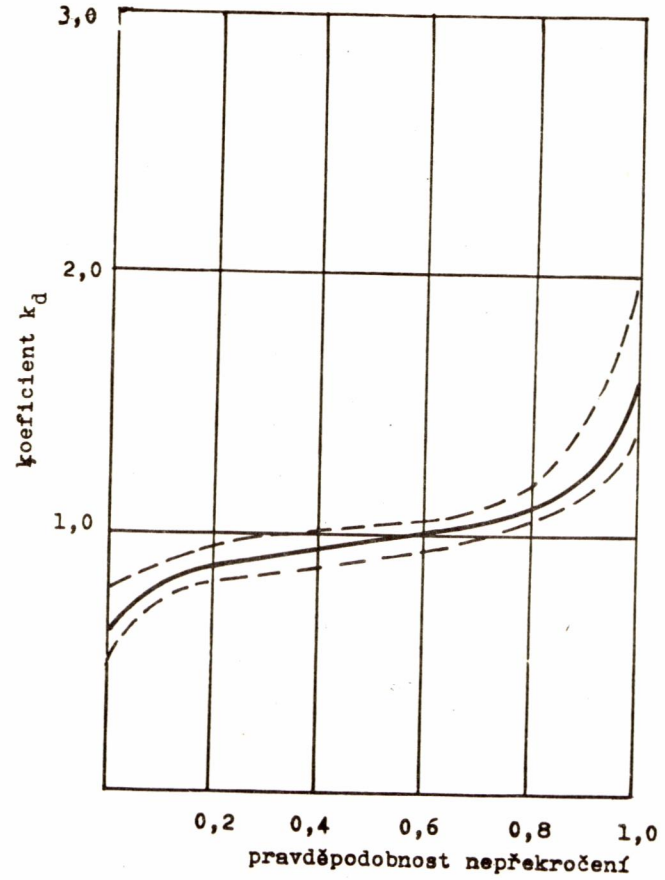
Obr.č.: 2.

Křivka pravděpodobnosti nepřekročení  
koeficientu  $k_d$  pro koncentraci BSK<sub>5</sub>  
v nečistěné odpadní vodě



Obr.č.: 3

Křivka pravděpodobnosti nepřekročení  
koeficientu  $k_d$  pro průtok odpadní vody



významnost a dosahuje v různých obdobích i na téže lokalitě značně proměnlivých hodnot. Proto je ze statistického hlediska pro hodnocení rozptylu sledovaných veličin vhodnější volit pravděpodobnost nepřekročení 0,95 nebo 0,90 a stanovit jim odpovídající hodnoty  $k_d$ .

Velikost takto zjištěných hodnot  $k_d$  pro jednotlivé sledované ČOV a pro parametry průtoku a  $BSK_5$  nečištěné a biologicky čištěné odpadní vody je uvedena v tab. 1-4. V těchto tabulkách jsou uvedeny roční průměry hodnocených veličin i průměry hodnot  $k_d$  ve sledovaných ČOV při zvolené pravděpodobnosti nepřekročení 1,0 - 0,95 a 0,90 s příslušnými směrodatnými odchylkami, které je však třeba považovat vzhledem k poměrně malému souboru hodnocených lokalit jen za orientační.

Z průběhu křivek pravděpodobnosti nepřekročení koeficientu  $k_d$  vyplývá menší stupeň rozkolísanosti průměrných denních hodnot průtoku ve srovnání s kvalitou odpadní vody dle  $BSK_5$ . Nutno ovšem vzít v úvahu určité zkreslení výsledku průtokových množství vlivem přepadů na veřejných kanalizacích, zejména v období deště.

Zajímavé je srovnání křivek pravděpodobnosti nepřekročení  $k_d$  u nečištěné a biologicky čištěné odpadní vody. Tyto jsou v obou případech velice blízké, dokonce v prvním případě jsou hodnoty  $k_d$  při zvolených pravděpodobnostech nepřekročení proti očekávání poněkud nižší. K tomu je třeba poznamenat, že se jednalo vesměs o středně zatížené biologické čistírny. V tab. 3-4 je porovnáno hodnocení uvedených parametrů u dvou poněkud odlišných souborů ČOV v různých časových obdobích pro  $BSK_5$  čištěné odpadní vody. Podobnost dosažených výsledků statistického hodnocení potvrzuje jejich obecnou platnost.

Proti očekávání nebylo možno doložit závislost velikosti hodnoty  $k_d$  (při zvolené pravděpodobnosti nepřekročení) pro

$BSK_5$  v čištěné odpadní vodě na její kvalitě, stejně tak jako pro průtokové množství a  $BSK_5$  v surové odpadní vodě na velikosti průtoku ČOV. K tomu je však třeba poznamenat, že soubor hodnocených lokalit byl pro stanovení těchto závislostí poměrně malý. Naproti tomu byly soubory pro hodnocení závislosti  $k_d$  na pravděpodobnosti jejich nepřekročení pro každou z hodnocených lokalit dostatečně velké. K dispozici bylo pro každou ČOV pro průtoky 365 hodnot a pro kvalitu dle  $BSK_5$  po 150 až 250 hodnotách.

Koeficient hodinové nerovnoměrnosti, vztažený k dennímu průměru

Průběh kolísání průtoku a  $BSK_5$  odpadní vody v průběhu dne byl hodnocen z řady 24-hodinových sledování, během kterých byly ve dvouhodinových intervalech stanoveny uvedené parametry. Aby bylo možno srovnávat výsledky z různých ČOV, byla maxima dosažená v průběhu dne přepočtena na hodnoty koeficientů  $k_{hi}$ , znamenající poměr těchto maxim k denním průměrům.

Z počtu více než 60 celodenních sledování na 16 různých ČOV se středně zatíženou aktivací vyplývají pro jednotlivé parametry následující průměrné velikosti hodnot  $k_{hi}$ , které označme  $k_{hp}$  (J. Malý: Vodní hospodářství, 34, 1984, s. 15 - 18):

	$k_{hp}$
průtok odpadní vody	1,27
$BSK_5$ nečištěné odp. vody	1,82
$BSK_5$ biologicky čištěné odp. vody	1,63

K výsledkům hodnocení průtoku je třeba dodat, že výchozí údaje k tomuto hodnocení byly získány vesměs z měření v bezdeštném období. Mezi hodnotami  $k_{hi}$  a velikostí průměrného průtoku přes ČOV nebyly nalezeny u hodnocených lokalit statisticky významné vztahy, a to u žádné ze sledovaných veličin.



Koeficient hodinové nerovnoměrnosti, vztažený k ročnímu průměru

Koeficient hodinové nerovnoměrnosti vztažený k ročnímu průměru má dle výše definovaných pojmů hodnotu  $k_{mi} = k_{di} \cdot K_{hi}$ , přičemž koeficienty  $k_{di}$  a  $K_{hi}$  jsou na sobě nezávislé. Za určitých zjednodušujících předpokladů platí  $k_m = k_d \cdot k_{hp}$ , kde uvedené symboly byly definovány výše.

Při zvolené pravděpodobnosti nepřekročení koeficientu  $k_m$  0,90 resp. 0,95 bude velikost tohoto koeficientu pro průtok a koncentrace znečištění dle  $BSK_5$  následující:

pravděpodobnost nepřekročení koeficientu $k_m$ :	0,90	0,95
	koeficient $k_m$	
průtok odpadní vody	1,55	1,71
$BSK_5$ nečištěné odpadní vody	2,73	3,28
$BSK_5$ biologicky čištěné odp. vody	2,61	3,01

Z výše uvedených hodnot vyplývá pravděpodobnost nepřekročení absolutních maxim. Jestliže je např. pro pravděpodobnost nepřekročení 0,90 hodnota  $k_m$  pro  $BSK_5$  biologicky čištěné odpadní vody rovna 2,61, znamená to, že z celkového počtu stanovených denních maxim  $BSK_5$  za delší časové období (rok) nepřevýší 90 % z nich hodnotu  $(BSK_5)_r \cdot 2,61$ , kdežto u 10 % je třeba počítat s překročením této hodnoty. Ve výše uvedeném výrazu znamená  $(BSK_5)_r$  průměrné  $BSK_5$  za sledované období. Denním maximem se rozumí maximální hodnota dosažená v průběhu dne.

U průtokových množství je pravděpodobnost nepřekročení  $k_m$  vypočtena u hodnot  $k_{hp}$  stanovených v bezdeštném období a je tedy poněkud menší než odpovídá stavu za celé období včetně deštivého.

Ze statisticky stanovených hodnot  $k_m$  vyplývá, že koeficient 1,5, doporučený v Metodickém pokynu MLVH ČSR (dodatek

č.j. 21032/ORVH-81 ze dne 17. 11. 1981 k metodickému pokynu č.j. 2804/933/OSS/75 ze dne 5. 8. 1975 k nař. vl. ČSR č. 25/1975 Sb.), jehož násobkem ročního průměru koncentrace znečišťující látky se vypočte koncentrační limit této látky ve vodohospodářském rozhodnutí, je značně podhodnocen a nepostihuje s přijatelnou pravděpodobností ani kolísání denních průměrů  $BSK_5$  u surové i biologicky čištěné odpadní vody, natož kolísání absolutních denních maxim. Jestliže je např. průměrná koncentrace  $BSK_5$  v čištěné odpadní vodě, vypočtená z bilančního limitu množství a znečištění odpadních vod za období roku 20 mg/l, potom při zvolené pravděpodobnosti nepřekročení, např. 0,90, by nemělo alespoň 90 % z hodnocených denních maxim  $BSK_5$  překročit koncentraci 52,2 mg/l ( $20 \times 2,61$ ). Hodnota 30 mg/l ( $20 \times 1,5$ ) bude naproti tomu za výše uvedených předpokladů překročena u 50 % denních maxim.

Problematickostí kritéria pro hodnocení kolísání sledované veličiny v delším časovém období z absolutních maxim je evidentní. Navíc na veřejných kanalizacích a ČOV nejsou denní maxima sledována s výjimkou tzv. 24-hodinových sledování, která se však provádějí v omezeném počtu. Pravidelně je naproti tomu sledována kvalita odpadních vod ze slévaných vzorků za období 24 hodin, nebo u malých ČOV v období obsazené směny. Proto by bylo vhodnější stanovit koncentrační limity z takto získaných vzorků při zvolené pravděpodobnosti nepřekročení 0,90 resp. 0,95. U těchto limitů je ovšem nutno počítat s jejich překročením v podílu vzorků, který odpovídá zvolené pravděpodobnosti.

K výše uvedenému poznamenáváme, že sledované závislosti byly stanoveny z údajů ČOV střední a větší velikosti s průměrným přítokem od cca 4000 do 40 000 m<sup>3</sup>d odpadních vod. Je zřejmé, že u menších lokalit bude rozkolísání množství i kvality odpadní vody větší, což je známou a obecně přijímanou zkušeností. Pro statistické hodnocení těchto případů však nebylo k dispozici dostatek potřebných údajů.



# zásobování vodou



## Řešení okruhových vodovodních sítí

ing. J. Herza, VÚV Praha

V současné době využívané metody na řešení okruhových vodovodních sítí, Newtonova a zvláště Lobačev-Crossova (1), jsou vhodné pro řešení jednoduchých vodovodních sítí. Při řešení sítí složitějších se silně projevuje jejich numerická nestabilita a oscilace kolem správného výsledku. Proto je zatím nutné takové sítě zjednodušovat nebo je dokonce řešit po částech.

Tyto nedostatky potlačuje nová metoda vycházející z formální podobnosti řešení vodovodní okruhové sítě s Crossovou metodou rozvádějící styčnickové momenty rámové konstrukce.

Nová metoda, jejíž teoretický základ vytvořil ing. Oldřich Herza (2), je v praxi použitelná pouze ve spojení s výpočetní technikou. Z toho důvodu jsem vytvořil program, který téměř zachovává původní teoretický základ a zároveň je podobně nenáročný pro obsluhu, jak je tomu u programů využívajících jiné metody řešení.

Následují důležité základní pojmy použité při popisu metody. Úsek  $i$  je část sítě s konstantním průtokem. Odhad průtočného množství úsekem představuje základní průtok  $Q_i$ . Doplnkový okruhový průtok  $\Delta_k$  je částečným průtokem, který má v elementárním okruhu  $k$  způsobit tlakovou rovnováhu. Komplexní doplnkový průtok  $\Delta_i$  se skládá z podílů  $p_{i,k}$  doplnkových průtoků  $\Delta_k$  ( $k=1, \dots, \text{počet okruhů}$ ). Ztráta piezometrické výšky v úseku  $i$  je značena  $h_i$ .

Všechny metody řešení okruhových vodovodních sítí vycházejí z podmínky vytvoření celkové tlakové rovnováhy za provozu vodovodního systému. Abychom zjistili, jaký bude průtok sítí a jsme-li schopni zajistit v odběrných místech požadovaný minimální tlak, musíme tlakovou rovnováhu simulovat i na matematickém modelu vodovodní sítě.

Požadavek tlakové rovnováhy se snažíme splnit nejdříve v jednotlivých okruzích. Tento požadavek můžeme nahradit podmínkou spojitosti tlakových ztrát

$$\sum_{k=1}^n h_i = \alpha_i \cdot Q_i^m \cdot \beta_{i,k} \rightarrow 0 \quad (1)$$

kde  $\alpha_i$  je koeficient vyjadřující tlakovou ztrátu při jednotkovém průtoku,  $\beta_{i,k}$  vyjadřuje příslušnost úseku  $i$  k okruhu  $k$  a předpokládanou orientaci průtoku vzhledem k okruhu  $k$ ,  $n$  je počet všech elementárních okruhů v systému.

Skutečný průtok potrubím neznáme, proto použijeme průtok  $\sigma_i$ , který základní průtok  $Q_i$  přibližuje průtoku skutečnému. Rovnice (1) tedy přejde na tvar

$$\sum_{k=1}^n h_i = \alpha_i \cdot (Q_i + \sigma_i)^m \cdot \beta_{i,k} \quad (2)$$

Ve vyjádření opravy průtoku se nová metoda liší od ostatních metod. Vychází totiž z existence doplnkových okruhových průtoků rozvedených do všech úseků vodovodní sítě. Rozvedením vzniknou v úsecích sítě určité komplexní doplnkové průtoky  $\Delta_i$ , které mají význam oprav  $\Delta_i$ .

$$\Delta_i = \sum_{k=1}^n (p_{i,k} \cdot \delta_k \cdot |\beta_{i,k}|) \quad (3)$$



Dosadíme-li do rovnice (2) za  $Q_i$  průtok  $A_i$  a použijeme-li exponent  $m=2$ , obdržíme po zanedbání difference vyššího než 1. řádu soustavu  $n$  lineárních rovnic

$$\delta_k \cdot \sum_{i=1}^l Q_i \sum_{k=1}^m (p_{i,k} \cdot \beta_{i,k}) = - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^l (Q_i^2 \cdot \text{sgn}(Q_i) \cdot \alpha_i \cdot \beta_{i,k}) \quad (4)$$

kde  $l$  je počet úseků v síti.

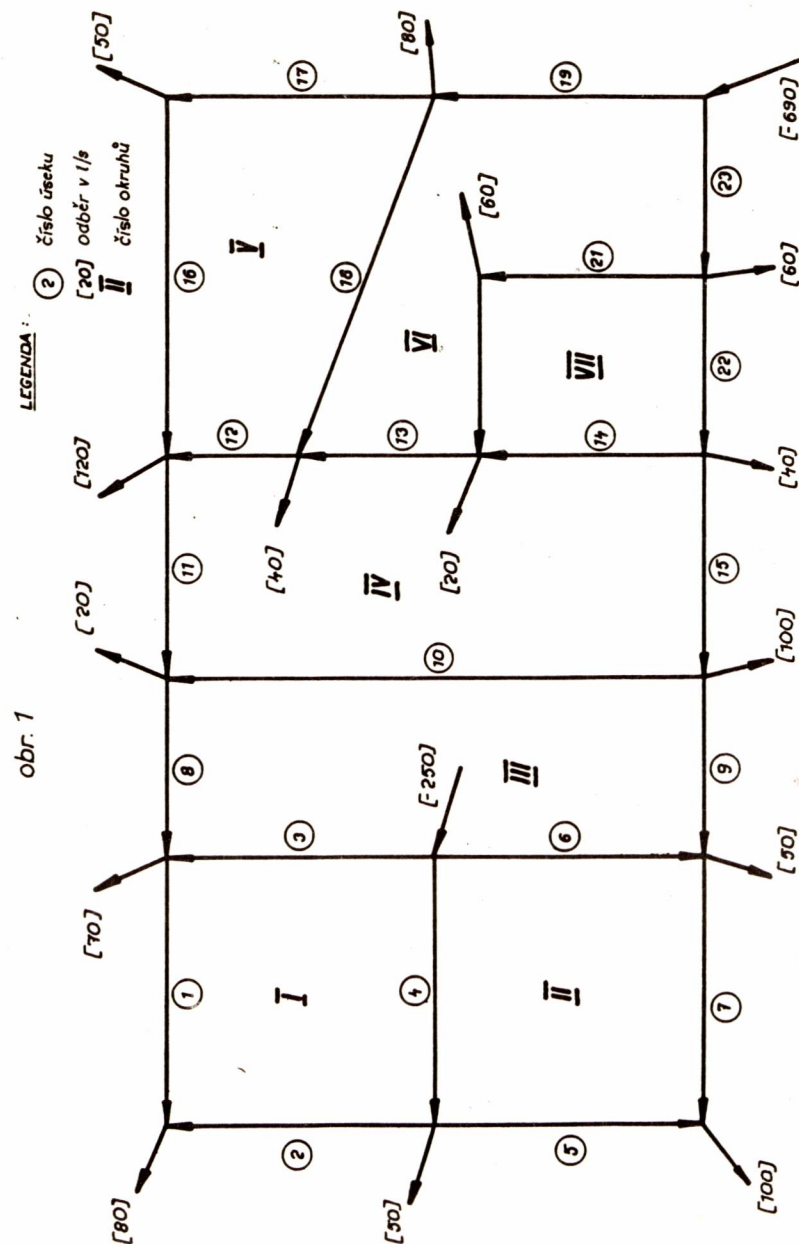
Kořeny soustavy rovnic (4) dosadíme do rovnice (3) a opravíme průtoky ve všech úsecích sítě. Zbývá posoudit úspěšnost splnění podmínky spojitosti tlakových ztrát (1). Zde se radikálně projeví progresivnost nové metody (viz obr. 1 a tab. 1).

#### Informace pro uživatele nové metody

Problém je dostatečně popsán počtem elementárních okruhů, počtem uzlů a úseků v síti, minimálním dovoleným profilem potrubí a orientací předpokládaných směrů průtoků vzhledem k příslušným uzlům a vzhledem k elementárním okruhům. Program poskytuje uživateli informace o průtocích úseky, o navržených profilech potrubí, průtočných rychlostech a ztrátách piezometrické výšky (viz tab. 1).

Numerickou stabilitu metody dokazuje nepotřebnost dalšího přiblížení po prvním běhu programu. Přesto může uživatel použít další běh k většímu přiblížení průtoků skutečnosti.

K hrubému odhadu průtoků v síti se zatím používá zjednodušení okruhové sítě na síť větevnou (3). Tím vznikají v systému při prvním odhadu úseky s nulovým průtokem. Vytvořil jsem algoritmus, který při odhadu průtoků okruhovou síť nezjednodušuje. Tím je hrubý odhad, jenž je vstupem do řešení tlakové rovnováhy, blíže skutečnosti a řešení směřuje snadněji k cíli.



Tab. 1: Výstup programu

úsek	1.odhad		1.přibližení			2.přibližení		
	Q (l/s).	DN	Q (l/s)	v (m/s)	DN	Q (l/s)	v (m/s)	
1	40,00	250	32,14	0,65	250	31,07	0,63	
2	40,00	250	47,86	0,98	250	48,93	1,00	
3	55,00	250	56,03	1,14	250	56,95	1,16	
4	140,00	400	148,58	1,18	400	149,49	1,19	
5	50,00	250	50,71	1,03	250	50,56	1,03	
6	55,00	250	45,39	0,92	250	43,56	0,89	
7	50,00	250	49,29	1,00	250	49,44	1,01	
8	55,00	250	46,11	0,94	250	44,12	0,90	
9	45,00	250	53,89	1,10	250	55,88	1,14	
10	37,50	250	44,34	0,90	250	48,78	0,99	
11	37,50	250	21,77	0,44	200	15,33	0,49	
12	78,75	300	66,06	0,93	300	59,71	0,84	
13	59,38	300	35,90	0,51	250	25,16	0,51	
14	39,69	250	30,82	0,63	250	28,86	0,59	
15	182,50	500	198,23	1,01	500	204,67	1,04	
16	78,75	300	75,71	1,07	300	75,62	1,07	
17	128,75	400	125,71	1,00	400	125,62	1,00	
18	59,38	300	70,16	0,99	300	74,55	1,05	
19	268,13	600	275,87	0,98	600	280,17	0,99	
20	39,69	250	25,08	0,51	200	16,30	0,52	
21	99,69	350	85,08	0,88	350	76,30	0,79	
22	262,19	600	269,05	0,95	600	273,53	0,97	
23	421,88	700	414,13	1,08	700	409,83	1,06	
suma ztrát - okruh (m)			I	0,001	I	-0,000		
			II	0,023	II	0,000		
			III	-0,038	III	-0,006		
			IV	-0,154	IV	-0,072		
			V	0,028	V	0,006		
			VI	0,117	VI	0,106		
			VII	-0,048	VII	-0,074		
celková suma				-0,070		-0,040		

Pro návrh profilů potrubí v jednotlivých úsecích je použita procedura využívající empirické pravidlo efektivnosti. V 1. běhu programu vstupují do této procedury hrubě odhadnuté průtoky. Tím se může stát, že si toto empirické kritérium vyžádá další běh programu, a to i přesto, že tlaky v síti jsou již vyrovnány na přijatelnou mez. V 2. běhu programu se však průtoky v síti výrazně nemění a tak navržené profily potrubí nevybočí z oblasti optima.

Složitost sítě není omezena schopnostmi nové metody ale pouze paměťovou kapacitou počítače. Obecně platí, že čím je v systému více okruhů, tím lépe se průtoky v okruzích vyrovnávají.

Na počítači, na kterém jsem program vytvořil, jsem vzhledem ke kapacitě jeho paměti pominul kontrolu průběhu piezometrického tlaku v kritických uzlech sítě. V současné době mám připraven program, který je schopen uvažovat vstupní tlaky i zvyšovací čerpací stanice.

Literatura:

- (1) Tesařík, Igor a kol.: Vodárenství, SNTL Praha 1987
- (2) Herza, Oldřich: Řešení okruhové vodovodní sítě, Vodohospodářsky časopis, 34, 1986, č.1, s.82-94
- (3) Gabriel, Kratochvíl, Šerek: Výpočetní technika prb obor vodní hospodářství a vodní stavby



**Koupání ve vodách Dunaje** nedoporučují vědci ani letos. Ne proto, že je jeho voda kalná, to způsobuje vodou unášené bahno, ale pro nadměrný obsah mikroorganismů, patogenních zárodků a virů. Například na bratislavském úseku řeky přesahuje normu množství výkalových bakterií z komunálních odpadů a salmonel způsobujících střevní onemocnění.





## Problémy s měřicí technikou

### pro vodní hospodářství

Ing. J. Drbohlav, Hydroprojekt, Praha

**B**udeme se zabývat pouze měřením dvou veličin: průtoku a hladin. Jsou to ovšem měření ve vodním hospodářství nejčastější a nejdůležitější. Předem je možno konstatovat, že v posledních 15-20 letech nebyly vyvinuty žádné převratné nové měřicí metody, takže budeme informovat spíše o zdokonalení stávajících metod a o některých zajímavých užitích.

#### Měření průtoků

Nejprve dvě zprávy z ČSSR: jedna špatná a jedna dobrá. Špatnou zprávou je bezesporu dočasné zastavení výroby dálkových vysílačů průtoků typu 533 v Tesle Prievidza, oznámené již koncem r. 1987 a zdůvodněné přerušením dodávek počítačů. I když se jedná o výrobek průměrné úrovně, je přerušeno výroby citelné, neboť tento přístroj byl běžně používán zejména pro měření průtoků Venturiho žlabu na čistírnách odpadních vod. Záminka o nezajištění subdodávek počítačů se zdá být průhledná (vysílače 533 by mohly být zatím dodávány bez počítačů), avšak veškeré intervence ze strany Hydroprojektu i ze strany MLVD ČSR byly dosud neúspěšné. Ultrazvukové snímače průtoků vyráběné družstvem Svetom Velké Rovné si neodvažujeme jako náhradu používat (stále nemáme záruku zavedení běžné výroby a snímače zatím nejsou provozně spolehlivé) a tak pro měření průtoků v otevřených žlabech nezbývá než používat snímače z dovozu nebo od měření ustoupit.

Lepší zprávou je informace o dokončení vývoje tzv. vícesotvorové rychlostní sondy typu MQS. Vývoj provedl Výzkumný

ústav automatizačních prostředků Praha, který též nabízí poradenskou službu uživatelům a eviduje objednávky; výrobu má zajišťovat ČEZ-EJM Brno. Sonda je určena pro měření průtoků tekutiny v uzavřeném potrubí. Sonda MQS vytváří diferenční tlak, který je závislý na střední rychlosti proudění tekutiny v průřezu potrubí obdobně jako u snímačů průtoků známých pod firemním označením Annubar. Přesnost měření je udávána 2,5 %, výhodou je poměrně snadná montáž a okolnost, že cena sondy by se s rostoucím průměrem neměla příliš zvyšovat. Po zavedení výroby nalezneme nesporně využití pro měření průtoků kapalin a plynů i ve vodním hospodářství.

Ze zahraničních výrobků na měření průtoků v otevřených kanálech by pro nás mohl být zajímavý ultrazvukový snímač průtoků typu UME 4010, vyráběný VEB BMSR Aegir, Drážďany. Zajímavý je především tím, že se vyrábí u našich sousedů a že jeho cena v NDR je poměrně příznivá. Možnosti dovozu do ČSSR nebyly zatím zjištěny a před jeho případným použitím by kromě ceny musely být ověřeny technické parametry i provozní spolehlivost. Přístroj se vyrábí v několika standardních rozsazích. Měřicí zařízení sestává z ultrazvukového snímače hladiny, doplněného snímačem teploty a z elektronického zařízení s analogovým výstupem 0-20mA, uměrným okamžitě hodnotě průtoků a s kontaktním výstupem pro připojení počítačů celkového proteklého množství. Elektronika může být umístěna ve vzdálenosti do 200 m od ultrazvukového snímače. Přesnost měření je + 2,5 %.

Pro měření průtoků tekutin v uzavřených potrubích používají zahraniční výrobci pro vodní hospodářství prakticky všechny známé metody, a to zejména: snímače využívající tlakové difference, objemové průtokoměry, rychlostní průtokoměry (vodoměry), plovákové průtokoměry (plovák působí proti silovým účinkům proudící kapaliny), indukční průtokoměry, vířivé průtokoměry, ultrazvukové průtokoměry a jiné principy. Svou pozici si trvale drží snímače využívající tlakové difference (zejména pro měření průtoků plynů), v rostoucí míře se používají indukční průtokoměry a v poslední době i ultrazvukové průtokoměry, zejména pro potrubí velkých světlostí. Pro



potrubí velkých průměrů jsou ultrazvukové průtokoměry cenově porovnatelné s indukčními průtokoměry.

Endress+Hauser uvádí tzv. m-point průtokoměr, umožňující průběžné hmotové měření protékající kapaliny. Princip měření využívá Coriolisovy síly ve dvou paralelních měřicích trubkách z titanu, kmitajících na rezonančním kmitočtu. Optickými snímači se snímá ve dvou definovaných místech trubky fázový rozdíl kmitů, úměrný hmotě protékající kapaliny. Průtokoměr je nabízen pro průměry 25 mm a 50 mm. Je to jistě zajímavý příklad technických možností měřicí techniky.

#### Měření hladiny kapalin

Opět nepříznivá zpráva z ČSSR. Tesla Prievidza oznámila dočasné zastavení výroby dálkových vysílačů hladiny typu 532 v provedení A002 s analogočíslíkovým převodníkem. Tento snímač hladiny (plovákový princip) umožňoval měření hladiny v rozsahu až 0-28 m s vysokou přesností  $\pm 1$  cm; používal se pro měření hladin velkých vodojemů a zejména pro měření hladin na přehradách. Jako důvod zastavení výroby uvádí výrobce nezajištění subdodávek kódových kotoučů (A/C) převodníků. Intervence pro opětné zavedení výroby nepřinesly rovněž žádný výsledek.

Plovákové dálkové vysílače hladiny typu 532 v provedení s odporovým, indukčním nebo kontaktním vysílačem se dále vyrábějí, avšak dodací lhůty jsou neúměrně dlouhé. Plovákové snímače hladin lze v některých konkrétních případech nahradit systémem využívajícím měření hydrostatického tlaku. K tomu se hodí např. převodníky tlaku typu EH, GH (výrobce VEB GRW Teltow NDR), které v rámci specializovaného dovozu dodává Elektromont Praha bez nároku na devízy. Pro napájení převodníků je potřebný zdroj pomocného napětí (typ ZNC 415E2, vyráběný rovněž ve VEB GRW Teltow nebo jiný vhodný zdroj). Přístroje EH mají proudový výstup 0-20 mA, přístroje GH výstup 4-20 mA. Na výstupy je možno zapojit tuzemské vyhodnocovací přístroje. Tento způsob měření byl provozně ověřen vývojovým střediskem Hydroprojektu a závěrečná zpráva o úkolu technického rozvoje

R 331-087 (dílní úkol 07, etapa 02) obsahuje kromě zhodnocení provozního měření též potřebné technické údaje a návod pro obsluhu a údržbu. Přístroje EH, GH jsou dodávány s třídou přesnosti 0,6; 1; 1,6.

V zahraničí se vyrábějí snímače pro všechny známé metody měření hladiny kapalin a sypkých hmot: mechanické s plovákem, s využitím měření hydrostatického tlaku, s využitím vodivosti kapaliny, s využitím kapacity, měření ultrazvukem a měření radioaktivními zářiči. Platí zásada, že přednostně se používají metody technicky jednoduché; měření ultrazvukem nebo měření radioaktivními zářiči se používají v případech, kdy ostatní metody nedávají spolehlivé výsledky.

Zajímavým signalizátorem hladiny je přístroj Liquiphant FTLL60, výrobek fy Endress+Hauser. Přístroj sestává z kmitací vidlice, buzené piezoelektricky na rezonačním kmitočtu. Zanoření kmitačky znamená změnu kmitočtu, což vyhodnotí elektronický obvod, ovládající koncová relé. Přístroj je vhodný pro kontrolu max. a min. hladiny v nádržích, zásobnících i potrubí.

V zahraničí se někteří výrobci specializují např. jen na měření hladiny. Jedním z nich je fa Drexelbrook (USA), která nabízí snímače hladiny pro různá použití (v nádržích, v tlakových nádobách, v zásobnících, v otevřených kanálech), pracujících se změnou admitance. Snímač se montuje do nádoby a tvoří s měřeným médiem proměnnou kapacitu proti stěně nádoby. Změna admitance se vyhodnocuje v elektronickém převodníku jako výstupní proud 4-20 mA, úměrný poloze hladiny. Snímač pracuje s kmitočtem 100 kHz a používá se pro plynulé měření i pro signalizaci určitých stavů hladiny. Tato měřicí metoda se používá i pro měření průtoku v otevřených kanálech. Firma nabízí též převodník s mikroprocesorovou jednotkou, umožňující různé funkce i znázornění jednotky na displeji.



Měření, které není v ČSSR vyřešeno, je stanovení rozhraní voda-kal, potřebné např. pro odčerpání usazeného kalu v čistírnách odpadních vod. Zajímavým řešením je měřič rozhraní voda-kal fy Markland (USA). Na měřicí tyči, ponořené svisle do nádrže, jsou umístěny v pravidelných vzdálenostech nad sebou fototransistorové snímače a iniračervené diody. Pro názornost: tyč je dlouhá 1219 mm a obsahuje 64 snímačů. Vrstva kalu zacloní určitý počet snímačů, což vyhodnotí elektronické zařízení s mikroprocesorovou jednotkou, které ukáže výšku rozhraní voda-kal, signalizuje se stanoveným časovým zpožděním dosažení určité hladiny, vysílá signál 4-20 mA pro připojení dalších přístrojů a zajišťuje určitou míru diagnostiky. Přesnost stanovení rozhraní voda-kal je  $\pm 2$  cm v rozsahu 1219 mm. Měřicí tyč může být uložena kyvně, aby nepřekážela pohybu stíracího zařízení po dnu nádrže.

Situaci v základních snímačích průtoku a hladin v technicky vyspělých státech lze charakterizovat jako zdokonalování již známých metod a použití programovatelných mikroprocesorových systémů v převodnicích, které umožňují četné volitelné funkce a různé způsoby vyhodnocení měřené veličiny včetně grafického znázornění jejího průběhu. Lze konstatovat, že v těchto státech je pro měření průtoku a hladiny každého média ve vodním hospodářství k dispozici poměrně dokonalý a zřejmě i dostatečně spolehlivý snímač. Nelze bohužel tvrdit, že by tato skutečnost nutila naše výrobce k vyšší aktivitě.

Na 550 malých vodních elektrárn je nyní v provozu v ČSSR. Nejvíce - 156 - je ve Východočeském kraji, kde jich jen loni přibýlo šestnáct, například v Kostelci nad Orlicí, ve Vrchlabí a v Trutnově. Jedna kilowatthodina elektrické energie vyrobené z vody přináší úsporu kilogramu uhlí.

60 let ing. Vladimíra Pytla

2. května 1989 se dožívá šedesáti let významný vodohospodář ČSR ing. Vladimír Pytl.

Studoval na fakultě inženýrského stavitelství Českého vysokého učení technického v Praze a svou vodohospodářskou praxi započal ve Vodohospodářském rozvojovém a investičním středisku, odkud přešel do Vojenského projektového ústavu; od r. 1960 pracoval na ministerstvu energetiky a vodního hospodářství, dále na ministerstvu zemědělství, lesního a vodního hospodářství.

V období studia a zaměstnání pracoval v řadě svazáckých, odborových i politických funkcí.

V červnu 1968 ho jmenoval ministr lesního a vodního hospodářství do funkce ředitele Vodních zdrojů, n.p. Praha. Podnik pod jeho vedením rozšířil podstatně svou kapacitu v oblasti průzkumu i ochrany podzemních vod i v některých dalších činnostech, např. čištění a protikorozní ochrana potrubí, regeneraci studní, prohlídkách potrubí a studní televizní kamerou.

Významný podíl na rozvoji vodního hospodářství má ing. Pytl jako předseda Českého výboru Vodohospodářské společnosti ČSVTS - tuto funkci zastává od r. 1977. Je dlouholetým aktivním členem redakční rady časopisů Vodní hospodářství a Vodohospodářsky spravodajca.

Za svou celoživotní práci obdržel řadu vyznamenání resortu, ČSM, ČSVTS a v r. 1986 státní vyznamenání "Za vynikající práci".

Do dalších let přejeme s. ing. Pytlovi pevné zdraví a to, aby vodní hospodářství mohlo i nadále využívat jeho aktivity.

-řeh.-

# VTEI

Ročník 31

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

Evidenční číslo ÚVTEI - 73275

Vychází měsíčně

Redakční rada: ing. J. Beneš (předseda), ing. M. Bartáček, dr. H. Vaňková,  
ing. T. Elek, ing. M. Chrtěk, J. Januška, dr. ing. J. Kurka,  
ing. A. Ladecký, ing. B. Müller, ing. A. Nejedlý, CSc.,  
dr. H. Nietschová, doc. P. Pitter, CSc., ing. J. Podzimek,  
ing. J. Růžička, dr. A. Sladká, CSc., ing. V. Sotorník, CSc.,  
ing. V. Svejkovský, ing. T. Švarc, ing. D. Veselý, CSc.,  
dr. O. Vlk, ing. E. Zamazalová.

Redaktor: dr. D. Kubálek

Redakce: Výzkumný ústav vodohospodářský, tel. 311 82 21 až 29  
Podbabská 30  
160 62 Praha 6

Číslo 5

Cena 3,50 Kčs

