

Hygienické normování jakosti pitných vod

BOŘIVOJ HAVLÍK

Stanovení limitních hodnot biologických, fyzikálních a chemických ukazatelů jakosti pitné vody patří mezi základní povinnosti hygienických orgánů. Má u nás dlouhodobé tradice a je jedním z konkrétních příkladů úzké mezinárodní spolupráce. Vzhledem k významu pitné vody jako základního nápoje a současně požitiviny (Havlík, 1988), mají hygienické požadavky na limitní koncentrace jednotlivých ukazatelů u nás formu normy (dosud platná ČSN 83 0611 Pitná voda, od r. 1991 ČSN 75 7111 Pitná voda). Nejsou-li závazné hygienické limity dodrženy, ztrácí voda svoji kvalitu jako pitná, ale může být podle svých vlastností použita k jiným účelům. Pro práci s tímto normativním dokumentem a pro rozhodovací činnost hygienických orgánů, vodo hospodářů, ale i jednotlivců (např. majitelů studny), je nutná značná zkušenost a znalost toho, jak norma vzniká, jaká je vzájemná souvislost jednotlivých ukazatelů, jaká je jejich zdravotní závažnost, jaká je citlivost a spolehlivost metod stanovení těchto ukazatelů atd. Nejistoty odvozené z neznalosti nebo nereálnosti dosud nesplněných nebo nesplnitelných požadavků na jakost „ideální“ pitné vody, z měnícího se složení zdrojů vody v čase, úrovně teoretických a praktických znalostí významu dalších ukazatelů jakosti, zavádění do životního prostředí dalších a dalších chemických látek, fyzikálních a biologických faktorů a pod., to všechno vyvolává stálou potřebu zdokonalovat a zpřesňovat články normy pitné vody v pravidelných intervalech, provádět její novelizaci tak, aby v duchu posledních poznatků zabezpečovala nejen neškodnost, ale i prospěšnost pro současnou i budoucí generaci.

Nejprve je třeba si uvědomit, co je to ukazatel jakosti vody, jak vzniká a jak se podle něho pitná voda hodnotí. **Jakost vody** je definována jako charakteristika složení a vlastností vody, vyjádřena fyzikálními, chemickými a biologickými ukazateli, vzhledem ke stanovení její vlastnosti k určitému účelu. **Ukazatel jakosti vody** je pak veličina, charakterizující složení nebo vlastnosti vody, přičemž látkové složení vody je kvalitativně nebo kvantitativně charakterizovaný soubor součástí obsažených ve vodě (ČSN 73 6510). Z hlediska hodnocení jakosti pitné vody je nejvýznamnější kritérium hygienické, které se řídí toxikologickou, epidemiologickou a radiologickou nezávadností vody a jejím složením, prospěšným pro zdraví populace. Norma jakosti pitné vody obsahuje však i jiná kritéria, např. vodo hospodářská, ta však nebudeme dále rozvádět.

Při hodnocení jakosti vody z hygienických hledisek musíme

brát v úvahu dvě skutečnosti: 1. absenci látek a organismů zdraví škodlivých, 2. přítomnost látek a faktorů zdraví prospěšných, což představuje tzv. „biologickou hodnotu pitné vody“. Proto je **pitná voda** definována jako voda zdravotně nezávadná, která ani při trvalém požívání nevyvolá onemocnění nebo poruchy zdraví přítomností mikroorganismů nebo látek ovlivňujících akutním, chronickým nebo pozdním působením zdraví spotřebitele a jeho potomstva, a její smyslově postižitelné vlastnosti nebrání jejímu požívání.

Obsah jednotlivých látek či součástí vody, nepřekračující hodnoty určené normou, je označován jako přípustný, a to ve spojení s pojmem **mezní hodnoty** (koncentrace, dávky, počtu), vyjadřující hranice přípustnosti. Mezní hodnota (MH) je definována jako hodnota ukazatele jakosti pitné vody, většinou horní hranice rozmezí přípustných hodnot, jejímž překročením

Tab. I. Etapy stanovení NPK škodlivin v pitných vodách

č.	Etapa	Řešitelé	Čas dny	Exp. zvířata	Čas dny
1	Režerše, projekt	V-1, L-1	25		
2	Studium stability látky ve vodě	V-1, L-1	25		
3	Studium organoleptických vlastností	V-1, L-1	25		
4	Studium vlivu látky na vodní prostředí				
	— zkrácený postup (BSK ₅)	V-1, L-1	15		
	— úplné schéma (BSK ₂₀ , nitrifikace)	V-1, L-1	50		
5	Studium akutní toxicity				
	— orientační testy	V-1, L-1	20	k-80	30
	— úplné (pohlavní a věk. citlivost)	V-1, L-1	25	m-80, k-80 m-10, kr-5	30
6	Studium kumulace				
	— sledování patogenity	V-1, L-1	40	k-40	70
	— sledování toxikokinetiky	V-1, L-1	50	k-60	70
7	Studium chemického působení	V-4, L-4	200	k-60	240
8	Studium embryotoxicity				
	— na 1. pokolení	V-1, L-1	35	k-40	90
	— na 2. pokolení	V-1, L-1	65	k-40	210
9	Studium gonadotoxicity				
	— subakutní pokus	V-1, L-1	15	k-40	45
	— chronický pokus	V-1, L-1	25	k-40	180
10	Studium mutagenity				
	— metoda počtu metafází	V-1, L-1	25	m-60	60
	— metoda dominant. letál. mutací	V-3, L-1	80	k-60	210
11	Studium alergického působení				
	— senzibilující účinek	V-1, L-1	25	m-30	30
	— stanovení prahových dávek	V-1, L-1	80	k-40	210
12	Studium resorpce kůží	V-1, L-1	50	k-60	90
13	Studium karcinogenních účinků	V-2, L-2	200	k-80	730
14	Zpracování výsledků	V-1, L-1	50		
15	Vyhodnocení a stanovení limitů	V-2	150		
16	Ošetřování laboratorních zvířat	L-2	700		

V = vysokoškolský pracovník, L = laborant, k = lab. potkan, m = lab. myš, kr = králik.

ztrácí voda vyhovující jakost v ukazateli, jehož hodnota byla překročena. V praxi je nejpoužívanější hodnotící pojem tzv. **nejvýše přípustné koncentrace (NPK)** dané látky či součásti. Protože „koncentrace“ je pojem vhodný především pro chemické látky, používá nová ČSN 75 7111 pojem **nejvyšší mezní hodnota (NMH)**. Tento celosvětově používaný způsob hodnocení jakosti pitné vody má však mnoho problémů, které zasluhují podrobnější rozbor:

1. Stanovení NPK (NMH) vychází z principu, že daná škodlivina má prahový způsob působení, tedy že existuje koncentrace, která je pro organismus neúčinná a účinek roste přímo úměrně s koncentrací. Toto je známo pro řadu látek tzv. „klasického znečištění“, působících v koncentracích řádově gramů až miligramů. Na základě znalosti **příjatelného denního příjmu** (hodnota ADI—acceptable daily intake), což je nejvyšší celkové množství příjmu škodlivé látky z prostředí do organismu, které se po dobu

jeho existence neprojeví škodlivým působením, znalosti **prahové koncentrace** (koncentrace působící právě postižitelný účinek), příp. **nejvyšších neúčinných koncentrací či dávek** a znalosti cesty vstupu škodliviny do organismu, je možno poměrně přesně stanovit NPK (NMH) pro jednotlivé složky životního prostředí (voda, potraviny, ovzduší, kůže atd.).

U látek, které se v lidském těle hromadí (kumulují), které mají embryotoxické, mutagenní, karcinogenní, teratogenní či jiné chronické působení, se v současnosti ukazuje, že zde neexistuje prahový účinek a že je biologicky účinné každé množství škodliviny, které se do organismu dostane. K takovým látkám patří např. všechny radionuklidy, polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU), polychlorované bifenylly (PCB), některé chlorované pesticidy (DDT, HCH, 2,4 D), trihalometany (chloroform, bromoform), chlorovaná rozpouštědla (trichloretylen, tetrachloretylen) a další. V těchto případech byl pro stanovení limitní koncentrace

škodliviny v pitné vodě přijat způsob hodnocení na základě **přijatelného rizika**, kdy je hodnocen každý další případ úmrtí na danou škodlivinu v populaci exponované této škodlivině. V závislosti na ekonomické, politické a technické situaci jednotlivých států je přijat faktor 10^4 , 10^5 , 10^6 , což znamená vzestup o jeden případ úmrtí nebo onemocnění, při expozici příslušné koncentrace škodliviny na 10 000, 100 000 či milion obyvatel. V rámci členských států RVHP je většinou aplikován faktor 10^5 , při zvážení celospolečenského prospěchu při použití dané látky v praxi. Biologické působení těchto látek se projevuje již v koncentracích mikrogramů či nanogramů (10^{-6} až 10^{-9} g/l).

2. Poškození lidského organismu danou škodlivinou je závislé nejen na množství, koncentraci uvažované škodliviny, ale též na vnímavosti a odolnosti člověka, na stavu jeho zdraví, věku, pohlaví atd. Např. jiná je hranice toxického působení dusičnanů na kojence a též jiný projev než u dospělého jedince. ČSN 75 7111 „Pitná voda“ ani předchozí norma nemůže při stanovení postihnout problematiku celé širší populace. Bylo proto nutno zavést pojem „průměrný spotřebitel“, definovaný jako člen lidské populace současného průměrného věku 20–30 let, dožívající se průměrně 70 let, tělesné hmotnosti 70 kg, tělesného povrchu 1,8 m², s denní konzumací 2 litrů pitné vody. V závislosti na úrovni znalosti o mechanismu působení uvažované škodliviny se používá bezpečnostní faktor 10, 100 až 1000, kterým se snižuje zjištěná limitní hodnota, aby stanovená mezní hodnota ukazatele jakosti chránila větší širší populace.

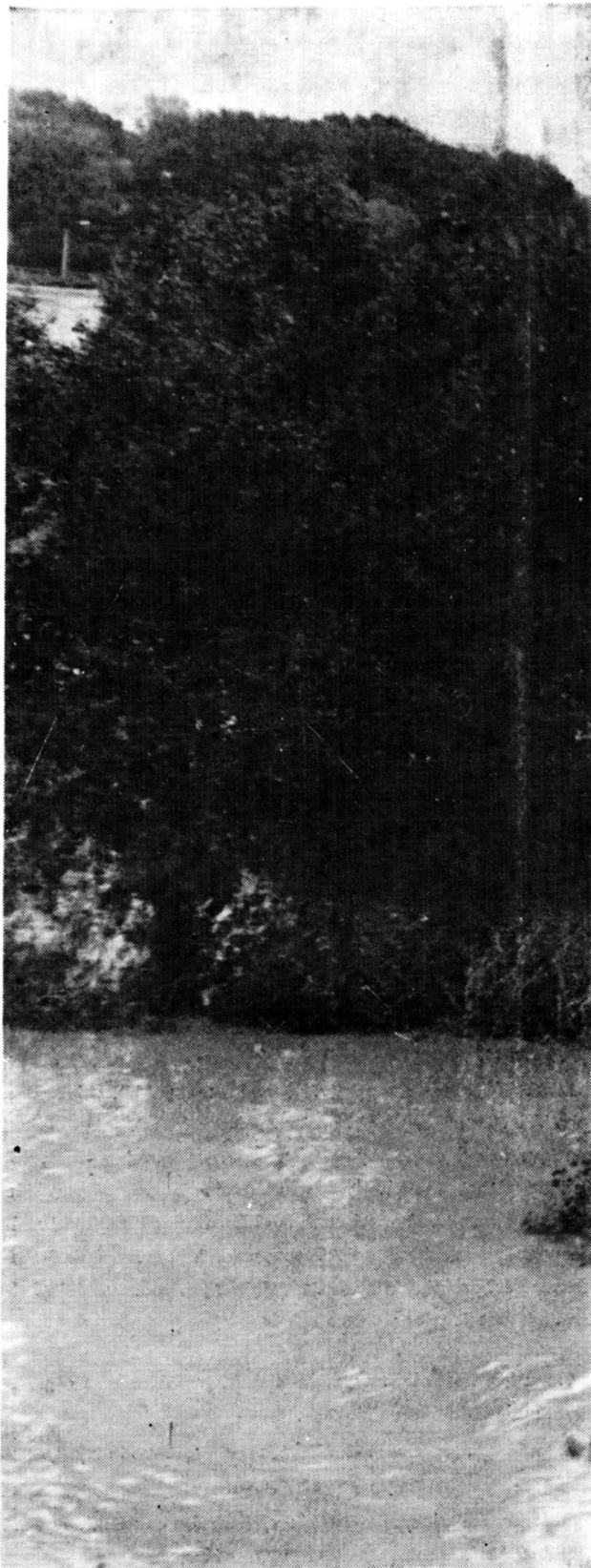
3. Stanovení mezních, limitních hodnot je časově i ekonomicky velmi náročné a je značná disproporce mezi tempem výroby a zaváděním nových látek do životního prostředí a jejich hygienickým a ekologickým zhodnocením z hlediska jejich vlivu na populaci a koloběhu v prostředí. Podle dostupných údajů bylo za posledních 20 let syntetizováno přes 10 milionů nových látek a roční odhad přírůstků je asi 1000. V této oblasti je nutná úzká mezinárodní spolupráce, která je koordinována světovou zdravotnickou organizací (Guidelines for drinking water quality, 1984). Přesto se podaří ročně vyhodnotit jen několik nových látek z hlediska jejich vlivu na životní prostředí a člověka. V rámci členských států RVHP byl vypracován jednotný postup pro zjišťování vlivu chemických látek na organismus, který je nutný pro určení limitu koncentrace sledované látky v pitné vodě (4–5). V tab. 1 je uvedeno toto schéma, včetně stanovení počtu nutných pracovníků pro provádění testů, počtu a typu experimentálních zvířat a doby trvání experimentu. Schéma bylo sestaveno pro přibližné určení nákladů nutných pro stanovení jedné limitní hodnoty, pro jednu sledovanou látku. K úrovni r. 1984 tato částka činila přibližně 1,5 mil. Kčs. I když základní schéma zůstává neměnné, mění se jednotlivé metody pro hodnocení biologických

účinků, a to v souladu s novými vědeckými poznatky. Cena těchto stanovení, přes dosažený pokrok a zlepšování přístrojového vybavení, neklesá, spíše stoupá s všeobecnými inflačními tendencemi a zvýšenými nároky na moderní přístrojové vybavení. Např. vyhodnocení jediné látky z hlediska působení na celé životní prostředí stojí v USA kolem 3 milionů US dolarů (Sors, 1982).

Je proto nutné pro řadu látek stanovit limity pouze dočasné, odvozené na základě akutní toxicity či chemické podobnosti s látkami známými. Postupně se tyto limity zpřesňují, podle nových poznatků získaných výzkumem i na základě havárií.

4. Legislativní předpis, jakým je ČSN-Pitná voda, musí být reálný a nemůže obsahovat všechny dosud známé hodnoty chemických, fyzikálních či biologických ukazatelů. V roce 1958 obsahovala norma pitné vody Světové zdravotnické organizace 5 chemických ukazatelů, r. 1971 celkem 9 a r. 1983 již 27, z toho 18 pro látky organické. ČSN 83 0611 Pitná voda z r. 1974 měla 38 chemických ukazatelů, z toho 4 pro látky organické, ČSN 75 711 Pitná voda jich má již 68, z toho 27 pro organické látky. Dnes jsou známy limitní hodnoty pro více než 2000 škodlivin. Světová zdravotnická organizace udává, že v pitných vodách bylo zjištěno např. přes 750 chemických látek, z toho 600 látek organických. Další chemické látky se mohou dostávat do pitné vody její úpravou ve vodárnách (hliník, chloroform, bromoform, oxidační produkty vznikající při ozonizaci a pod.). V normě jsou proto uváděny jen látky s obecným výskytem, zdravotně nejzávažnější, a ty, jejichž přítomnost v pitných vodách lze předpokládat. Norma však dává možnost hygienickým organizacím v konkrétních případech, podle skutečné potřeby a nových poznatků, počet ukazatelů jakosti pitné vody rozšířit. Celosvětová tendence spěje k výběru ukazatelů majících indikátorovou hodnotu, tedy signalizující přítomnost či nepřítomnost skupiny látek či faktorů. K těm patří v ČSN 75 7111 např. fekální koliformy, biologický obraz, celková alfa a beta radioaktivita, fluoranten (PAU), chloroform (pro THM), extrahovatelné nepolární látky (ropa), aniontaktivní tenzidy, chlor, organický vázaný aj. Při překročení limitních hodnot těchto indikátorových ukazatelů je nutno provádět podrobný rozbor. Pro zařazení nové škodliviny do seznamu látek vyžadujících zdravotnické posouzení a stanovení limitních koncentrací pro pitnou vodu a zdroje pitných vod, vyžaduje Světová zdravotnická organizace splnění těchto podmínek:

1. musí být prokázán negativní či pozitivní účinek na organismus, především na člověka,
2. musí být doloženo, že látka se v pitné vodě vyskytuje, a to ve významných koncentracích,
3. frekvence výskytu musí být významná a musí mít obecné rozšíření,



4. látka či složka musí být analyticky (kvalitativně i kvantitativně) zjištělná,

5. existuje ekonomicky dostupný a možný způsob kontroly a je možná ochrana zdroje před znečištěním.

5. Hygienické limitní hodnoty jsou stanovovány pro jednotlivé látky, kdežto v praxi jsou to většinou více či méně složité směsi. Kromě toho, v prostředí činnosti mikroorganismů, fyzikálních či chemických faktorů, dochází k rozkladu či změnám forem jednotlivých látek, především látek organických (uhlíkatých). Mnohdy vzniklé štěpy jsou zdravotně významnější než výchozí látka. Biologický vliv anorganických a organických forem je významný např. u kovů (Hg, Pb), přesto hygienická mezní hodnota v pitné vodě tuto odlišnost zatím nerozlišuje. Řešení problémů je velmi obtížné a je předmětem výzkumu mnoha vědeckých pracovišť u nás i v zahraničí. Novelizovaná ČSN 75 7111 řeší otázku společného působení některých skupin látek, jako je např. Pb, Hg, Cd; chlorderivátů benzenu, chlorbenzenu, dichlorbenzenu a rozpouštědel 1,1-dichloretenu, 1,1,2-trichloretenu, 1,1,2,2-tetrachloretenu požadavkem, aby součet poměrů jejich zjištěných koncentrací k příslušným limitním hodnotám nepřekročil hodnotu 1.

Literatura:

- Havlík, B., 1988: Pitná voda není jen H₂O. Čas. Lék. čes., 127, 8, p. 230–236.
- Havlík, B. a spol., 1982: Metodické doporučení po opředělení stálosti i sledování při obnosování PDK chemických věšestv v vodě. Publ. SEV, Gigieničeskaja ocenka vrednych věšestv v vodě. Moskva, p. 116–123.
- Krasovskij, G. N. a spol., 1981: Metodika hygienického normování škodlivých látek ve vodách. Čs. Hygiena, 26, 3, p. 136–146.
- Sórs, A. I., 1982: Risk assessment and its use in management a state-of-art review. WHO Int. Doc. 6. Risk Assessment of chemicals 236–294, WHO, Reg. Office for Europa, Copenhagen, p. 286–294.
- 1984: ČSN 73 6510 Vodní hospodářství. Základní vodohospodářské názvosloví. Úřad pro normalizaci měření.
- 1984: Guidelines for drinking water quality. 1. Recommendations. Geneva, WHO, p. 1–130.
- ČSN 75 7111 Jakost vod. Pitná voda. Úřad pro normalizaci. zpracovatelé: Havlík, B., Chalupa, J., Pokorný, J., Popovský, J., Dalešický, J., Fikarová, J. 1989, Vyd. norem, p. 1–23.