

MILADA ŠVÁCHOVÁ

KLASIFIKACE JAKOSTI POVRCHOVÝCH VOD V EVROPĚ

M. Šváchová: *Classification of quality of groundwater in Europe*. – Geografie-Sborník ČGS, 102, 2, pp. 147 – 154 (1997). – At present, different European countries use diverse approaches of classification of the groundwater quality. Polluted groundwater does not stop at state border, so we can now see in European countries efforts to create a unified basic classification of groundwater quality and in the same time to prevent further excessive pollution of water courses.

KEY WORDS: quality of groundwater – indices of water quality – water pollution.

1. Úvod

Vodní toky jsou zdrojem pitné vody a přirozeným životním prostředím pro mnohé živoucí organismy. Neustále jsou však vystavovány značnému zatížení, především látkovému a tepelnému znečištění. Proto je nezbytná jejich zvláštní ochrana, objektivní analýza a hodnocení jakosti povrchových vod. Cílem tohoto hodnocení by mělo být objektivní posouzení jakosti vod s použitím pokud možno jednoduchých analytických metod.

Při volbě hodnotící metody by neměly být opomenuty dva aspekty:

- požadavky na jakost vody a tím i na její hodnocení jsou závislé na využití daného zdroje vody
- jednotlivé analytické metody jsou použitelné pouze pro určitý druh vody (podzemní vody, tekoucí povrchové vody, stojaté povrchové vody, komunální a průmyslové odpadní vody).

2. Metody hodnocení jakosti povrchových vod

V praxi jsou pro hodnocení jakosti povrchových vod uplatňovány dvě základní metody. Jednou je sledování chemismu vod prostřednictvím fyzikálních, fyzikálně-chemických, chemických a biochemických ukazatelů. Druhou je biologická metoda, ve které jde o pozorování biomonitorů, tj. organismů, kteří odrážejí stav a změny jakosti povrchových vod.

Orientační přehled sledovaných ukazatelů jakosti vod obsahuje tabulka 1.

3. Klady a zápory metod hodnocení jakosti povrchových vod

Hodnocení jakosti povrchových vod pomocí chemické metody je pouze bodovým hodnocením jakosti vod. Naměřené hodnoty dokumentují stav jakosti vod v určitém profilu a v daném časovém okamžiku. Přitom hodnocení jakosti je značně závislé na počtu monitorovaných ukazatelů. Pokud daná látka není sledována, zůstanou její zvýšené koncentrace neodhaleny. Důležitý je rovněž

Tab. 1 – Orientační přehled sledovaných ukazatelů jakosti vod

Fyzikální a fyzikálně-chemické ukazatele	jednotlivé ukazatele	např. teplota, hustota, pH
	skupinové ukazatele	rozpuštěné a nerozpuštěné látky, elektrická vodivost
Chemické a biochemické ukazatele	jednotlivé ukazatele	např. kyslík, amoniak, dusitany, dusičnany, fosfor, chlorid, calcium, magnesium, těžké kovy, tensidy
	skupinové ukazatele	např. BSK ₅ , ChSK, TOC
Biologické ukazatele	saprobní	např. saprobní index
	biotické	např. BBI
	další ukazatele	např. indexy diversity, trofický systém

počet provedených odběrů povrchových vod. Většinou je nutné uskutečnit nahodilá opakující se pozorování z delšího uceleného časového období, např. minimálně 1krát za měsíc po dobu jednoho roku. Tomu nepodléhají biologické ukazatele. Biomonitoři odrážejí jakousi „průměrnou hodnotu“ stavu jakosti povrchových vod. Ve většině případů již i pouhé jedno pozorování poskytne orientační informaci o znečištění vod. Díky mobilitě organismů vypovídají výsledky biologických analýz o určitém úseku toku. Výsledkem je však možné pouze prokázat, zda se jedná o vodu znečištěnou, či ne. V žádném případě však nemůžeme určit o jaké znečišťující látky se jedná a zároveň stanovit koncentrace těchto látek ve vodě.

Chemická analýza je naprosto nezastupitelná v případě posuzování jakosti vod, které slouží jako zdroj pitné nebo užitkové vody. Biologické ukazatele mají naopak nezastupitelnou roli tam, kde stojí v popředí ekologické aspekty pro hodnocení jakosti vody. Je nutné zdůraznit, že chemické a biologické metody pro stanovování jakosti vod si navzájem nekonkurují, nýbrž se vzájemně doplňují.

4. Srovnání hodnotících metod jakosti povrchových vod jednotlivých evropských zemích

Znečištění vodních toků bohužel nekončí na státních hranicích, mnohé evropské toky protékají dvěma či více státy. Přesto existují v jednotlivých evropských zemích velké rozdíly v klasifikaci jakosti povrchových vod. Zařazení do jednotlivých jakostních tříd je podmíněno chemickou nebo biologickou metodou, popřípadě kombinací obou.

Z tabulky 2 je patrné, že v jednotlivých zemích existují značně rozdílné přístupy pro posouzení jakosti povrchových vod. Jedním z prvních nesouladů je rozdílnost v počtu jakostních tříd, který se pohybuje v rozmezí 1 – 7, např. v Nizozemsku je definována pouze jedna základní třída, zatímco německá klasifikační metoda využívá sedmi stupňů, čtyř hlavních tříd a třech mezitříd.

Daleko významnějším nesouladem je rozmanitost v druhu použité hodnotící metody. Např. v Německu a Rakousku je hodnocení jakosti vod založeno na

Tab. 2 – Rozdílné metody hodnocení v jednotlivých evropských zemích (podle NEWMANA a kol. 1992)

Země	Počet tříd jakosti	Biologické hodnocení	Chemické hodnocení
Belgie	5	ano	ano
Dánsko	4+2	ano	ano
Německo	4+3	ano	[ano]
Anglie	4+1	[ano]	ano
Francie	3+2	ano	ano
Řecko	-	-	-
Itálie	[5]	[ano]	-
Lucembursko	5	-	ano
Nizozemí	zákl. kval.	[ano]	ano
Rakousko	4+3	ano	[ano]
Portugalsko	-	-	-
Irsko	3+1	ano	-
Skotsko	4	[ano]	ano
Švýcarsko	4	-	ano
Slovinsko	4	ano	ano
Španělsko	[5]	[ano]	-
Česká republika	5	ano	ano

Vysvětlivky: [] – klasifikace není celostátním standardem

biologické metodě. V jiných zemích jako je např. Anglie, Lucembursko nebo Švýcarsko převládá hodnocení dle chemické metody.

Značně odlišné jsou i definice jednotlivých jakostních tříd. V Německu je kladen důraz na biologicko-ekologický stav toku, zatímco v jiných zemích (Francie, Česká republika, Slovinsko) je zdůrazněna především využitelnost povrchové vody.

V další části této kapitoly jsou uvedeny příklady definic jednotlivých jakostních tříd v Německu a v České republice.

a) Charakteristika I. a IV. jakostní třídy podle LAWA (Lnderarbeitsgemeinschaft Wasser) v SRN:

I. třída jakosti

Označení: neznečištěná až velmi slabě znečištěná voda.

Všeobecná charakteristika: jedná se o vodní toky nebo úseky toků s vysokým obsahem kyslíku a nízkým obsahem živin, malým množstvím přítomných bakterií, mírně hustě osídlené, především řasami, mechy a larvami hmyzu, z ryb je typická čeleď *Salmonidea*.

Saprobni index: <1,5.

Znázornění v mapě: tmavě modrá barva.

IV. třída jakosti

Označení: příliš silně znečištěná voda.

Všeobecná charakteristika: jedná se o vodní toky nebo úseky toků, které jsou velmi ovlivněny vypouštěním odpadních vod, jejich dno je často pokryto silnou vrstvou bahna. V mnoha případech je typický zápach sirovodíkem. Jsou osídleny převážně pouze bakteriemi a houbami.

Saprobni index >3,5.

Znázornění v mapě: červená barva.

b) Charakteristika I. a V. třídy jakosti podle ČSN 757221 v České republice:

I. třída jakosti

Označení: velmi čistá voda.

Příklady využití: voda je obvykle vhodná pro všechna využití, zejména pro vodárenské účely, potravinářský a jiný průmysl požadující jakost pitné vody, pro koupaliště, vodní sporty, chov ryb, zásobování průmyslu vodou. Voda má velkou krajinnotvornou hodnotu.

Znázornění v mapě: světle modrá.

V. třída jakosti

Označení: velmi silně znečištěná voda.

Příklady využití: voda obvykle se nehodící pro žádný účel.
Znázornění v mapě: červená barva.

4.1 Hodnocení na základě chemismu vod

Velká rozdílnost existuje v klasifikacích založených na analýze fyzikálně-chemických a biochemických ukazatelů (tab.3). Pestrý je především počet sledovaných ukazatelů (např. Belgie 3, Anglie 3, Česká republika min. 12). Z důvodu rozmanitosti v počtu je také následně velice rozdílná metodika zpracování dat.

Pres tyto fundamentální rozdíly klasifikačního systému je převážná část těchto hodnocení založena na třech základních parametrech, a to: rozpuštěném O_2 , BSK_5 a $N-NH_4^+$.

Definice „čisté“ a „znečištěné“ vody je však problematická, neboť existují značné rozpory v požadavcích na příslušnou jakostní třídu (tab. 4). V Německu je vodohospodářským cílem dosažení II. jakostní třídy, tedy slabě znečištěné vody, která je charakterizována hodnotami BSK_5 v rozmezí 2 – 6 mg/l a $N-NH_4^+$ 0,4 mg/l, zatímco ve Francii je tolerována III. jakostní třída s hodnotami BSK_5 10 mg/l a $N-NH_4^+$ 2,0 mg/l.

Zřetelné diference jsou rovněž v charakteristice tzv. „čisté vody“. Dle klasifikace LAWA je v SRN jako neznečištěná až slabě znečištěná voda označována povrchová voda s hodnotou BSK_5 1 – 2 mg/l, ve Francii je takto označena voda s hodnotou BSK_5 3 mg/l.

Rovněž existují i rozdíly v počtu provedených odběrů vzorků povrchových vod v průběhu roku, následném zpracování dat a stanovení hraničních hod-

Tab.3 – Sledované fyzikálně-chemické a biochemické ukazatele v jednotlivých evropských zemích (podle NEWMANA a kol., 1992)

Země	Chemické hodnocení	Počet monitorovaných chemických ukazatelů	Fyzikálně-chemické a biochemické ukazatele
Belgie	ano	3	BSK_5 , O_2 %, $N-NH_4$
Dánsko	ano	3	BSK_5 , $ChSK$, O_2 %
Německo	[ano]	8	BSK_5 , O_2 %, $T[^\circ C]$, $N-NH_4$, $N-NO_3$, $P-PO_4$, pH, vodivost
Anglie	ano	3	BSK_5 , O_2 %, $N-NH_4$
Francie	ano		*
Řecko	-	-	-
Itálie	-	-	-
Lucembursko	ano	3	BSK_5 , O_2 %, $N-NH_4$
Nizozemsko	ano	3	BSK_5 , O_2 %, $N-NH_4$
Rakousko	[ano]		-
Portugalsko	-	-	-
Irsko	-	-	-
Škotsko	ano		*
Švýcarsko	ano	4	BSK_5 , O_2 %, $N-NH_4$, $P-PO_4$
Slovinsko	ano		*
Španělsko	-	-	-
Česká republika	ano	10	BSK_5 , O_2 %, $ChSK$, pH, $T[^\circ C]$, vodivost., nerozpuštěné látky, $N-NH_4$, $N-NO_3$, P_{celk}

Vysvětlivky.: [] – klasifikace není celostátním standardem; * – k dispozici nejsou žádné informace

Tab. 4 – Srovnání klasifikace jakosti povrchových vod v Německu (SNR), Anglii (E), Francii (F) a České republice (CZ) pro ukazatele BSK₅ a N-NH₄ (podle Newmana a kol. 1992)

Třída jakosti				BSK ₅ [mg/l]				N-NH ₄ [mg/l]			
SRN	E	F	CZ	SRN	E	F	CZ	SNR	E	F	CZ
I	A	1A	I	< 1	< 3	< 3	< 2	< 0,1	< 0,3	< 0,1	< 0,3
I – II				1-2				0,1			
II	B	1B	II	2-6	< 5	3-5	< 5	< 0,4	< 0,7	0,1-0,5	< 0,5
II – III				5-10	< 9	5-10	< 10	< 1,3	< 3,0	0,5-2,0	< 1,5
III				7-13				0,6-?			
III – IV	D	3	IV	10-20	< 17	10-25	< 15	více	-	2,0-8,0	< 5,0
IV	E		V	> 15	> 17		> 15	více	-		> 5,0

Tab. 5 – Porovnání stupně organického znečištění a hodnot saprobního indexu v České republice a v Německu

Třída jakosti	Stupeň organického znečištění		Stupeň saprobity		Saprobní index	
	SRN	CZ	SRN	CZ	SRN	CZ
I.	neznečištěná	velmi čistá	oligosaprobní	xenosaprobní	<1,5	<1,2
I. – II.	slabě znečištěná	voda	přechodný oligo/ βmezosaprobní		<1,8	
II.	středně znečištěná	čistá voda	βmezosaprobní	oligosaprobní	<2,3	<2,2
II. – III.	kriticky znečištěná		αmezosaprobní		<2,7	
III.	silně znečištěná	znečištěná voda	přechodný αmezo/ polysaprobní	βmezosaprobní	<3,2	<3,2
III. – IV	velmi silně znečištěná		polysaprobní		<3,5	
IV.	nadmíru silně znečištěná	silně znečištěná voda		αmezosaprobní	<4,0	<3,7
V.		velmi silně znečištěná voda		polysaprobní		<3,7

not pro jednotlivé jakostní třídy. Z těchto, ale i dalších důvodů se zdá možnost brzkého a jednoduchého sjednocení těchto metod prakticky nereálná. Domnívám se, že je však tato jednota pro budoucnost sjednocené Evropy důležitá.

4.2 Hodnocení na základě biologických metod

Stejně jako u chemické metody neexistuje ani v případě biologického hodnocení jednotnost (tab. 6). V převážné většině evropských zemí je základem

metodiky hodnocení jakosti povrchových vod pomocí saprobních nebo biotických ukazatelů.

Již ARISTOTELES poukázal na úzkou souvislost mezi jakostí vody a v ní žijících vodních organismech. První pokus o stanovení jakosti vody prostřednictvím živoucích vodních organismů provedl v roce 1853 COHN. Jeho žák MEZ publikoval roku 1898 první knihu o mikroskopické analýze vod, v níž rozlišuje čtyři kategorie organismů: 1. organismy žijoucí v čisté vodě, 2. organismy žijoucí ve slabě znečištěné vodě, 3. organismy žijoucí ve středně znečištěné vodě, 4. organismy žijoucí ve velmi silně znečištěné vodě.

Základní a nejvíce používanou metodou biologicko-ekologické klasifikace jakosti vod v Evropě je hodnocení na základě stanovení saprobity (saprobionti jsou organismy žijoucí ve vodách znečištěných organickými látkami).

Zakladatelé této metody jsou KOLKWITZ a MARRSSON. Ti rozpracovali v roce 1902 tzv. "Systém živočišných a rostlinných saprobiontů", v němž rozlišili tři základní fáze a tři stupně čistoty vody. Jednalo se o polysaprobní, mezosaprobní a oligosaprobní fázi a rovněž i čistotu vody. V letech 1908 – 1909 zpracovali novou klasifikaci, v níž člení mezosaprobní fázi na alfa a beta mezosaprobní.

Na mezinárodním setkání sapirobiologů v roce 1966 v Praze byla definována saprobita: "V rámci bioaktivity vod je saprobita sumou všech metabolických procesů, které jsou v protikladu k primární produkci. Je to tedy suma všech metabolických procesů, které jsou spojeny se ztrátou potenciální energie. V kombinaci s biogenním a fyzikálním obsahem kyslíku vyplývá stupeň saprobity vody. Tento stupeň může být stanoven jak měřením dynamiky metabolismu, tak analýzou životních společenstev."

Původní Kolkwitz-Marsonův systém saprobity doznal v průběhu let řady změn. Velice výrazně se na výzkumu podílela česká a slovenská sapirobiologická škola. Na zdokonalení saprobního systému se významně podílel český hydrobiolog SLÁDEČEK, který roku 1964 publikoval studii, v níž definoval 4 hlavní skupiny: katarobitu, limnosaprobitu, eusaprobitu a transsaprobitu, které jsou dále děleny na 13 stupňů.

Tab. 6 – Sledované biologické ukazatele v jednotlivých evropských zemích (podle NEWMANA a kol. 1992)

Země	Biologické hodnocení	Počet tříd jakosti	Ukazatele
Belgie	ano	5	biotické
Dánsko	ano	4+2	saprobní
Německo	ano	4+3	saprobní
Anglie	[ano]	4+1	biotické
Francie	ano	3+2	biotické
Řecko	-	-	-
Itálie	[ano]	5	biotické
Lucembursko	-	-	-
Nizozemsko	[ano]	základ. kval.	saprobní
Rakousko	ano	4+3	saprobní
Portugalsko	-	-	-
Irsko	ano	3+1	biotické
Skotsko	[ano]	4	biotické
Švýcarsko	-	-	-
Slovensko	ano	4	saprobní
Španělsko	[ano]	5	biotické
Česko	[ano]	5	saprobní

Vysvětlivky: [] – klasifikace není celostátním standardem

V současnosti nejvíce používanou metodou je výpočet saprobního indexu dle Pantleho a Bucka zdokonalený Sládečkem, Marvanem a Zelinkou. Určité organismy slouží jako indikátory znečištění pro čtyři stupně saprobity. Po odebrání vzorků makrozoobentosu, určení a kvantifikaci jednotlivých skupin organismů (druhů) dochází ke transformaci do saprobního indexu.

Z tab. 5 je možné vyzorovat rozdílnosti v počtu jakostních tříd a stanovení jednotlivých stupňů saprobity, avšak hraniční hodnoty saprobních indexů vykazují značnou shodu.

Další možností hodnocení jakosti vod je na základě biotických ukazatelů, např. "Biotic Index" a "Indices biotiques". Zde autoři na místo seznamu jednotlivých druhů charakterizují danou zoocenózu čísly. V případě "Biotic index" podle WOODIWISSE (1964) je rozlišeno 17 skupin organismů, kteří charakterizují organické znečištění analyzované vody.

Je patrné, že i v případě biologických metod hodnocení existují v evropských zemích značné diference v počtu, definici jednotlivých jakostních tříd, použité hodnotící metodě a stanovení mezních hodnot jakostních intervalů (viz. tab. 6).

5. Závěr

Již ze základního srovnání hodnotících metod je patrné, že sjednocení klasifikačního systému jakosti povrchových vod není prakticky realizovatelné pouhým převzetím nebo adaptací stávajících metod hodnocení. Jako vhodnější se pravděpodobně jeví vytvoření nové plánované směrnice Evropské unie, tzv. "ekologické klasifikace povrchových vod" a plně nové formulace požadavků na jakost povrchových vod. Jedním z cílů by mělo být začlenění nejen hodnocení chemismu a biologie vodní složky, ale i soustředění pozornosti na stav říčních koryt, vegetačních doprovodů a využití ploch v říčních nivách. Jednotlivé země by si mohly samozřejmě i přes existenci této nové jednotné metody ponechat i nadále své současné metodiky pro hodnocení jakosti povrchových vod.

Literatura:

- CORING, E. a KÜCHENHOFF, B. (1994): Vergleichende Bewertung der biologischen Untersuchungs- und Auswertemethoden für Fließgewässer. Düsseldorf, Berlin. Gewässergüte der Fließgewässer Österreichs. Bundesministerium für Land und Forstwirtschaft, Wien, 1993-94.
- HÜTTER, L. A. (1994): Wasser und Wasseruntersuchung, Frankfurt a. Main.
- CHOVANEC, A. a kol. (1994): Anforderungen an die Erhebung und Beurteilung der ökologischen Funktionsfähigkeit von Fließgewässern – eine Diskussionsgrundlage. Österreichs Wasser- und Abfallwirtschaft. Jg. 46, Heft 11/12, Wien, New York.
- Klasifikace jakosti povrchových vod, ČSN 757221. VÚV, Vydavatelství norem, Praha, 1989.
- KLEE, O. (1993): Wasser untersuchen, Quelle Meyer, Heidelberg, Wiesbaden.
- LELLAK, J., KUBÍČEK, F. (1991): Hydrobiologie. UK, Praha.
- NEWMANN, P. J. a kol. (1992): River Water Quality, Ecological Assessment of The European Communities. Brüssel, Luxemburg.
- Richtlinien für die Feststellung der biologischen Gewässergüte von Fließgewässern. Bundesministerium für Land und Forstwirtschaft, Baerbeitung: Bundesanstalt für Wassergüte, Wien, 1990.
- SIMMANN, H. Y. (1994): Die Bedeutung von Saprobien systemen zur Gewässerbeurteilung. Schriftenreihe der Hessischen Landesanstalt für Umwelt. Heft 163, Wiesbaden.

CLASSIFICATION OF QUALITY OF GROUNDWATER IN EUROPE

Aquatic conditions have increasingly been the focus of public interest in recent years. In particular, this development is due to disastrous incidents such as floods, death of fish and the groundwater pollution by nutrients and pesticides. Biological and chemical-physical methods of rating and supervising stretches of water are becoming more and more important. During the last years, a lot of different testing methods have been developed by various institutions which register several abiotic parameters as measure of water pollution.

The aim of our contribution is to give an overview of the complex group of themes concerned with aquatic rating. In addition, different methods of aquatic analysis are compared to each other on an international level. Among these are physical and chemical-physical methods with water temperature T ($^{\circ}\text{C}$), density (g/cm^3) and pH-value as single parameters and electric conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$) as sum-parameter. Additionally, there are chemical and biochemical methods with oxygen content O_2 (g/l), oxygen saturation (%), nitrogen compounds N-NH_4^+ , N-NO_2^- , N-NO_3^- (g/l), phosphate P-PO_4^{3-} (mg/l), chloride Cl^- (mg/l), heavy metals Hg, Cd, Pb, As, Cu, Cr, Co, Ni, Zn, V, Ag, (Tg/l) and tensides as single parameters, and biochemical oxygen demand BSB_5 (mg/l), chemical oxygen demand CSB (mg/l) and total (dissolved) organically bound carbon TOC (mg/l) as sum-parameters. At last, there are biological methods of analysis such as saprobic and biotic processes.

Advantages and disadvantages of the different aquatic rating methods are also discussed. By the chemical-analytical way, only a limited control of potential contaminants is possible. Is there a contaminant occurrence of a substance which does not belong to the measuring program, it stays undiscovered. Furthermore, chemical analyses can only be carried out selectively. Biomonitoring is not submitted to such limitations. Therefore, the advantage lies in an integral recording of the total toxicity of waters. The analysed symbiosis gives an average value concerning the composition of the water. In most cases, biological methods are able to give an average value after one investigation already, whereas physical-chemical methods have to go through several sample takings. On the other hand, the biological analysis can prove that a water contains substances which are detrimental for organisms, but it cannot show their character and therefore, biological water examinations can not give quantitative details about the concentration of contaminants. Normally, physical-chemical testing methods serve water monitoring, where, usually, highest priority is given to aspects concerning water supply, such as drinking water extraction and securing. In contrast to this, biological methods serve an ecological differentiation, where ecological aspects are given priority. Biological and physical-chemical methods don't compete with each other, they all have full entitlement. For further clarification, a synoptic table comparing methods of classification specific for different countries is drawn up.

(Pracoviště autorů: katedra fyzické geografie a geoekologie Přírodovědecké fakulty UK, Albertov 6, 128 43 Praha 2.)

Do redakce došlo 28. 3. 1997

Lektorovali Bohumír Janský a Jakub Langhammer