Ověření Českého imisního testu

JIŘÍ ŠAJER

Klíčová slova: mísicí zóny — konzervativní znečištění — jakost vody — modelování

SOUHRN

Na vybraných údajích uvedených v obnoveném povolení k vypouštění odpadních vod pro objekt KB Alloys z 20. května 2010 [1] bylo ověřováno, k jakým výsledkům by při stejném zadání dospěl Český imisní test (CIT) [2]. Faktory zředění získané pomocí modelu CIT byly přibližně stejné jako faktory zředění, které na základě stejných vstupních hodnot odvodil model RIVPLUM použitý jako podklad pro obnovení povolení.

ÚVOD

Podnik KB Alloys, LLC., ve Wenatchee je umístěn přibližně sedm mil jihovýchodně od Wenatchee na jih od řeky Columbia, do níž vypouští odpadní vody. Situace vypouštění je zobrazena na *obr. 1.* V původním povolení k vypouštění odpadních vod před více než deseti lety byly pro objekt KB Alloys vymezeny faktory zředění. Způsob odvození v původním dokumentu nebyl jasně vysvětlen, takže není zřejmé, jakým způsobem byly hodnoty odvozeny. Proto byl proveden pokus simulovat podmínky pomocí modelu CORMIX 6, avšak tento software nedokáže modelovat mnohovýtokový difuzér umístěný v menší vzdálenosti od břehu, než je hloubka v řece. Z toho důvodu bylo přistoupeno k simulaci pomocí modelu RIVPLUM. Model RIVPLUM však vychází z předpokladů, které nejsou doporučovány pro tak široké toky, jako je řeka Columbia. Přesto však za použití stejných podmínek odvodil RIVPLUM faktory zředění srovnatelné s těmi, které byly uvedeny v původním povolení k vypouštění odpadních vod. Vzhledem k tomu, že faktory zředění byly používány více než 10 let, a na základě skutečnosti, velikosti relativního vypouštění k průtoku v řece i výsledků modelu RIVPLUM byly původní faktory zředění zachovány i v nově navrhovaném povolení k vypouštění odpadních vod. Na vybraných údajích uvedených v povolení k vypouštění odpadních vod pro objekt KB Alloys z 20. května 2010 bylo ověřováno, k jakým výsledkům by při stejném zadání dospěl Český imisní test (CIT).

METODIKA

Do modelu CIT byly zadány následující vstupní hodnoty:

Vypouštěné množství odpadní vody	0,0132 m^3/s (0,465 cfs)
Průměrná šířka recipientu pod výustí	114,3 m (375 ft)
Průměrná hloubka recipientu pod výustí	3,964 m (13 ft)
Střední profilová rychlost v recipientu pod výustí	0,604 m/s (1,98 fps)
Manningův koeficient drsnosti	0,03
Vzdálenost výusti od pravého břehu	1,62 m (5,3 ft)
Konec chronické mísicí zóny	91,44 m (300 ft)
Konec akutní mísicí zóny	9,144 m (30 ft)
Konstanta koeficientu příčné horizontální difuze	0,6

Koncentrace pozadí C_{90} v řece:
- pro hliník 6 µg/l,
- pro měď 1,1 µg/l,
- pro zinek 1,9 µg/l.

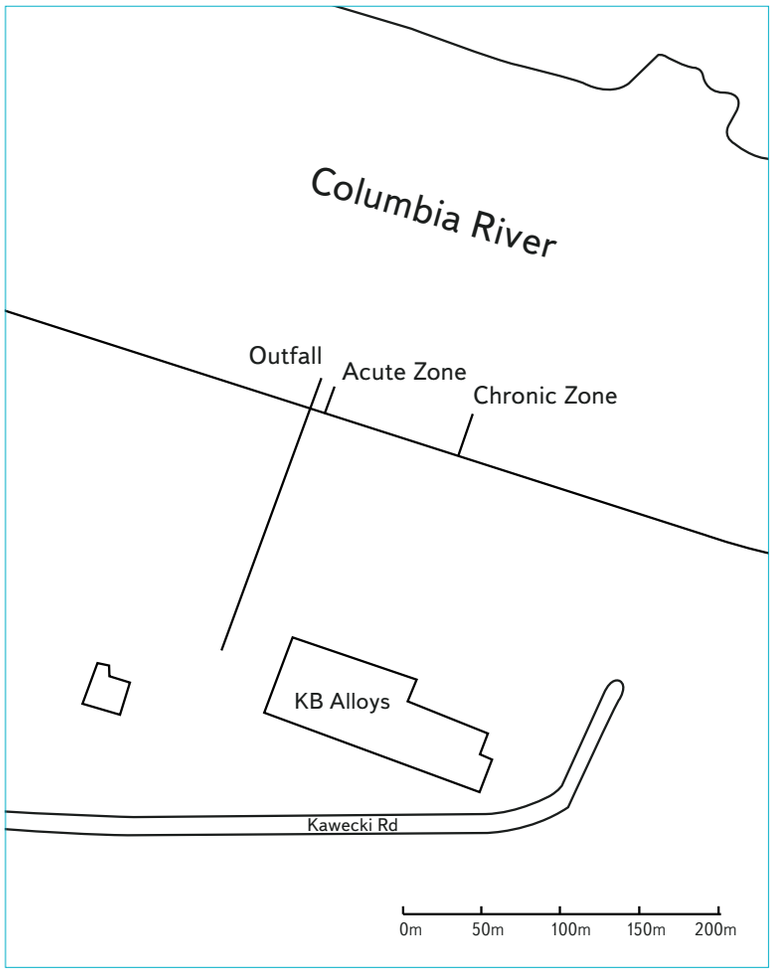
Koncentrace C_{95} ve vypouštěné odpadní vodě, která byla vypočtena tak, že maximální koncentrace zjištěná u dvanácti odebraných vzorků byla vynásobena příslušným násobitelem:
- pro hliník 348 x 1,63 = 567,24 µg/l,
- pro měď 100 x 1,63 = 163 µg/l,
- pro zinek 27,4 x 1,63 = 44,662 µg/l.

Pro určení koncentrace s pravděpodobností nepřekročení 95 % se používají statistické metody, které vycházejí z počtu odebraných vzorků. Podrobný postup výpočtu násobitele lze nalézt na webové stránce Washington State Department of Ecology [5]. Vychází-li se například z hodnot koncentrací, které jsou zjištěny ve dvanácti odebraných vzorcích, pak je násobitel 1,63.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Výsledné faktory zředění pro konec akutní mísicí zóny a pro konec chronické mísicí zóny vypočtené modelem CIT (*obr. 2*) odpovídají výsledkům modelu RIVPLUM uvedeným v *tabulce 1*, která byla převzata z podkladů pro povolení vypouštění odpadních vod z objektu KB Alloys. Na *obr. 3* jsou v osmém sloupci uvedeny hodnoty, které vypočítal model CIT pro konec chronické mísicí zóny. Vypočtené hodnoty jsou v souladu s maximálními hodnotami na konci chronické mísicí zóny uvedenými v *tabulce 2*, která sloužila jako podklad pro povolení vypouštění odpadních vod z objektu KB Alloys. Na konci akutní mísicí zóny by model CIT vypočítal hodnoty nižší, než jsou uvedeny v *tabulce 2*, protože pro konec akutní mísicí zóny byl v *tabulce 2* použit koeficient zředění 467, který je podstatně menší než koeficient zředění 685,1 vypočtený modelem CIT. U modelu CIT se stejně jako u modelu RIVPLUM jedná o 2D model. Odhad délky 3D zóny vychází přibližně 313 m. Navržené délky akutní i chronické mísicí zóny jsou menší (upozorňuje na to červeně napsaná výstraha odkazující na buňku D7 na *obr. 3*). To znamená, že ještě nemusí dojít k dokonalému promísení ve vertikálním směru, a měl by se pro výpočet faktoru zředění použít spíše 3D model. Pro většinu praktických problémů, u kterých se počítá s průměrnou hloubkou, doporučuje Fischer [3] používat konstantu pro výpočet koeficientu vertikální difuze 0,067. Při použití této konstanty vychází v našem případě výše uvedená vzdálenost po úplné vertikální promísení. Více než desetiletá praxe ukázala, že v daném případě je ještě na hranici navržené chronické mísicí zóny výsledek získaný 2D modelem RIVPLUM (tedy i modelem CIT) přijatelný. U konce akutní mísicí zóny, který se nachází hlouběji uvnitř 3D zóny, je již mezi faktorem zředění

získaným pomocí 2D modelu a faktorem zředění ověřeným praxí patrný podstatný rozdíl. Rutherford [4] uvádí, že u vertikálních sekundárních cirkulací v přírodních korytech vodních toků lze očekávat zvětšení vertikálního mísení. Je však málo dat, aby se kvantifikoval jejich účinek, ale jeví se, že se konstanta koeficientu vertikální difuze nachází mezi hodnotami 0,067 až 0,33. Při použití konstanty koeficientu vertikálního mísení 0,33 by v našem případě došlo k dokonalému promísení ve vertikálním směru již přibližně 64 m pod zdrojem znečištění a použití 2D modelu pro konec chronické mísící zóny ve vzdálenosti větší než 64 m by bylo jednoznačně odůvodnitelné.



Obr. 1. Situace
Fig. 1. Situation

Výpočet hodnoty ve zvoleném bodě		
Vzdálenost bodu od výusti dolů po proudu	9,144 m	FAKTOR ZŘEDĚNÍ
Vzdálenost bodu od bližšího břehu	1,615 m	685,1

Výpočet hodnoty ve zvoleném bodě		
Vzdálenost bodu od výusti dolů po proudu	91,440 m	FAKTOR ZŘEDĚNÍ
Vzdálenost bodu od bližšího břehu	1,615 m	1408

Obr. 2. Faktory zředění – výstup z modelu CIT
Fig. 2. Dilution factors – model CIT output

ZÁVĚR

Co se týká výpočtu faktoru zředění, dává model CIT přibližně stejné výsledky jako model RIVPLUM. Koncentrace v toku se pak počítá na základě faktorů zředění vypočtených podle údajů o vypouštěném množství a průtokových poměrech v recipientu. Je nutno upozornit, že se jedná o 2D model, který předpokládá dokonalé promísení ve vertikálním směru. To znamená, že v oblasti, ve které ještě nedojde k dokonalému promísení ve vertikálním směru, může dávat poněkud zkreslené výsledky. Pokud bude faktor zředění na konci regulační mísicí zóny vypočten nebo určen podle jiných kritérií, pak se i koncentrace v recipientu vypočtené pomocí tohoto faktoru budou pochopitelně lišit od koncentrací vypočtených pomocí modelu CIT. Kritéria pro určení faktoru zředění používaná v USA lze nalézt například v [5].

Poděkování

Tento příspěvek vznikl díky finanční podpoře věnované Ministerstvem životního prostředí České republiky výzkumnému záměru MŽP0002071101 Výzkum a ochrana hydrosféry.

Tabulka 1. Faktory zředění [1]
Table 1. Dilution factors [1]

Metoda určení faktoru zředění Dilution Factor Determination Method	**Chronický faktor zředění** Chronic Dilution Factor	**Akutní faktor zředění** Acute Dilution Factor
Původní povolení (Previous Factsheet)	1 479	467
CORMIX VI	644	43
RIVPLUM	1 400	683

Řeka Columbia

Odhad délky hydraulické mísící zóny podle US EPA:			28 283	m	Poslední zobrazený úsek na grafu (v metrech):			
Pro navrženou délku regulační mísící zóny:			91,44	m	od	24 567	do	28 283
Konec regulační mísící zóny je navržen v říčním kilometru: -0,09				Nelze,	je menší než minimální hodnota uvedená v buňce D7!			
Vypouštěné množství odpadních vod			0,0132	m^3/s				
Průtok v recipientu nad vypouštěním			273,32	m^3/s				
Průtok v recipientu pod vypouštěním			273,33	m^3/s				
Dotoková doba pro konec hydraulické mísící zóny			0,54	d			Pro navrženou délku MS	Podle US EPA
Dotoková doba pro konec regulační mísící zóny			0,00	d				
Č.	Název látky	Jednotky	Vypouštěná	Pozadí	Rozdíl	k*	91 m	28283 m
0	koncentrace látky	%	C_r+100	C_r	100	0	Cr+0,071	Cr+0,005
1	nikl a jeho sloučeniny	ug/l	0	0	0	0	0,000	0,000
2			0	0	0	0	0,000	0,000
3			0	0	0	0	0,000	0,000
4			0	0	0	0	0,000	0,000
5			0	0	0	0	0,000	0,000
6			0	0	0	0	0,000	0,000
7			0	0	0	0	0,000	0,000
8			0	0	0	0	0,000	0,000
9			0	0	0	0	0,000	0,000
10			0	0	0	0	0,000	0,000
11			0	0	0	0	0,000	0,000
12			0	0	0	0	0,000	0,000
13	Al	ug/l	567,24	6	561,2	0	6,399	6,028
14	Cu	ug/l	163	1,1	161,9	0	1,215	1,108
15	Zn	ug/l	44,662	1,9	42,76	0	1,930	1,902
k* = Rychlostní konstanta prvního řádu při teplotě vody v recipientu					Poznámka:Hodnota buňky D7 se objeví smažete-li hodnotu v E7!			

Obr. 3. Výstup z modelu CIT pro konec chronické mísící zóny
Fig. 3. Model CIT output for boundary of the chronic mixing zone

Literatura

[1] *Fact sheet for NPDES permit no. WA-000297-6.* KB Alloys, LLC., 2010. Dostupné z: https://www.google.cz/?gfe_rd=cr & ei=NgM3VtjQM8ag8we5t5vACA & gws_rd=ssl#q=Ecology+made+in+drafting+the+proposed+NPDES+for+KB+Alloys%2C+LLC.

[2] ŠAJER, J., MIČANÍK, T. a SÝKORA, F. *Český imisní test (CIT).* Druh výsledku: R - Software, předkladatel výsledku: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, veřejná výzkumná instituce, dodavatel výsledku: MŽP, konsolidovaný rok uplatnění výsledku: 2012.

[3] FISCHER, H.B. Longitudinal Dispersion and Turbulent Mixing in Open-Channel Flow. *Annual Review of Fluid Mechanics*, vol. 5, p. 59–78. California: University of California, Berkeley, 1973. DOI:10.1146/annurev.fl.05.010173.000423.

[4] RUTHERFORD, J.C. *Handbook On Mixing In Rivers.* Hamilton Science Centre, Water and Soil Dvision, Ministry of Works and Development, Hamilton Water and Soil Miscellaneous Publication no. 26, 1981, 60 p.

[5] Washington State Department of Ecology. Dostupné z: www.ecy.wa.gov/programs/wq/permits/PermitCalcJanuary2014.xlsm.

Autor

Ing. Jiří Šajer
✉ jiri_sajer@vuv.cz

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., pobočka Ostrava

Příspěvek prošel lektorským řízením.

VERIFICATION OF THE CZECH IMMISSION TEST (CIT)

SAJER, J.

TGM Water Researche Institute, p. r. i., Ostrava branch

Keywords: mixing zone — conservative pollution — water quality — modelling

Ecology determined the dilution factors for the KB Alloys facility over ten years ago. The development document record is not clear as to the method used to determine the values. Ecology made an attempt to model the conditions using CORMIX 6, however the software cannot model a multiport diffuser located at a distance closer to the bank than the river depth. A single port diffuser scenario, while adequate to model dilution effects on temperature, yields a dilution factor considerably less than determined previously. The conditions were then modeled using Ecology's RIVPLUM model. The assumptions inherent in this model are not recommended for a large river like the Columbia River. Using the same conditions, the RIVPLUM model derives dilution factors comparable to those contained in previous permits. Using the same conditions, the CIT model derives dilution factors on about the same level as the RIVPLUM model.

Tabulka 2. Přijatelná potenciální kalkulace [1]
Table 2. Reasonable potential calculation [1]

	Metal Criteria Transformator as decimal	Metal Criteria Transformator as decimal	**Koncentrace pozadí (kovy jako rozpuštěné)** Ambient Concentration (metals as dissolved)	State Water Standard Acute	State Water Standard Chronic	**Maximální koncentrace na konci akutní mísicí zóny** Maximal concentration at edge of Acute Mixing Zone
Parametr	Akutní (Acute)	Chronická (Chronic)	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Hliník (Aluminium)			6,000	750,000	87,000	7,20
Měď (Copper)	1,00	1,00	1,100	13,040	8,920	1,44
Zinek (Zinc)	1,00	1,00	1,900	68,960	62,970	1,99

	Maximální koncentrace na konci chronické mísicí zóny Maximal concentration at edge of Chronic Mixing Zone	**Požadovaný limit** Limit required	**Pravděpodobnost nepřekročení hodnoty v odpadní vodě** Effluent percentile value		**Maximální koncentrace měřená v odpadní vodě** Max effluent concentration Measured (metals as total recoverable)	**Variační koeficient** Coeff Variation
Parametr	µg/l			Pn	µg/l	CV
Hliník (Aluminium)	6,38	NO	0,95	0,779	348,00	0,60
Měď (Copper)	1,21	NO	0,95	0,779	100,00	0,60
Zinek (Zinc)	1,93	NO	0,95	0,779	27,40	0,60

	Směrodatná odchylka Standard Deviation	**Počet vzorků** Number of samples	**Násobitel** Multiplier	**Akutní faktor zředění** Acute Dilution Factor	**Chronický faktor zředění** Chronic Dilution Factor	
Parametr	s	n				
Hliník (Aluminium)	0,55	12	1,63	467	1479	
Měď (Copper)	0,55	12	1,63	467	1479	
Zinek (Zinc)	0,55	12	1,63	467	1479	