

SLEDOVÁNÍ ÚČINNOSTI FILTRAČNÍHO MATERIÁLU DMI-65 NA ODSTRAŇOVÁNÍ KOVŮ Z VODY

Ing. Renata Biela, Ph.D., Ing. Tomáš Kučera, Ph.D., Ing. Jiří Konečný

¹⁾Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí, Žižkova 17, 602 00 Brno; biela.r@fce.vutbr.cz, kucera.t@fce.vutbr.cz

Úvod

DMI-65 je filtrační médium na bázi křemičitého písku, které bylo navrženo pro odstraňování železa a manganu z vody. Materiál je však schopný odstraňovat i jiné prvky, jako jsou měď, zinek, hliník, olovo, arsen a baryum. Unikátní porézní struktura materiálu DMI-65 účinně odstraňuje rozpuštěné železo až do koncentrace 0,005 mg/l a mangan do koncentrace 0,001 mg/l. Materiál DMI-65 je použitelný do limitu železa 50 mg/l. Médium je již řadu let využíváno v širokém spektru aplikací. Je používáno po celém světě k filtraci pitné vody s více jak dvacetiletou historií. DMI-65 lze použít i v tak náročných podmínkách jako je filtrace vody v ocelářských provozech pro odstraňování železa. Zabrání se tak zanášení trysek a chladících kanálků, kde se usazují nečistoty. Filtrační materiál DMI-65 se vyrábí v Austrálii, přičemž vyvíjen byl v Japonsku. V České republice materiál propaguje firma DPT Design Centrum s.r.o. ve spolupráci s americkou firmou K₂O Consulting. [1, 2]

Vlastnosti a využití filtračního materiálu DMI-65

Počáteční aktivace materiálu se provádí vodou s roztokem chlornanu sodného (NaClO), stejně tak se provádí i praní materiálu. NaClO funguje jako oxidační činidlo, které se do systému již v menším množství dávkuje i při filtraci přes materiál DMI-65. Životnost materiálu DMI-65 je delší než 5 let, přičemž za tuto dobu se prokázalo, že jeho adsorpční schopnost klesá jen minimálně. V porovnání s konvenčním křemičitým pískem na odstraňování nečistot má DMI-65 výhodu v širším použití a téměř 100% výkonnost po celou dobu jeho životnosti. [3, 4]

Tabulka 1. Vlastnosti filtračního materiálu DMI-65 [3, 4]

Parametr	Hodnota
Obsah SiO ₂	> 90 %
Obsah KAlSi ₃ O ₈	< 9 %
Mn ₂ O ₃	< 1 %
CaCO ₃	<0,1 %
Hustota	1460 kg/m ³
Objemová hmotnost	2,69 g/cm ³
Velikost zrna	0,43 mm
Koeficient rovnoměrnosti	1,34 -
Roční opotřebení	1 - 5 %
Maximální provozní teplota	45 °C
Pracovní pH	5,8-8,6 -
Minimální výška filtrační náplně	600 mm

Výhodou filtračního materiálu DMI-65 je široký rozsah hodnoty pH, která se pohybuje v rozmezí 5,8 – 8,6. DMI-65 může efektivně pracovat při dvojnásobném konstantním

průtoku než tradiční filtrační média, tím se zmenšují pořizovací náklady a velikost celého zařízení. Díky univerzálnosti (fyzikálním vlastnostem) umožňuje DMI-65 přímou záměnu za stávající filtrační materiál bez větších zásahů do samotného filtru. [1]

Spektrum využití filtračního materiálu DMI-65 je velmi široké, dle výrobce je vhodný především při těchto způsobech použití: úprava pitné vody, odstraňování arsenu, potravinářský a nápojový průmysl, úprava chladících vod, hornictví a těžba, závlahové systémy a ekologické odvodňování stavebních jam. [4]

Sledování účinnosti filtračního materiálu DMI-65

Cílem experimentu bylo posoudit účinnost filtračního materiálu DMI-65 na odstraňování vybraných kovů z vody, a to při srovnání s již známými filtračními materiály jako jsou CFH 0818, Bayoxide E33 a GEH. Materiál DMI-65 má chemické složení na bázi oxidu křemíku, přičemž ostatní tři materiály jsou na bázi hydroxidu železa – viz tab. 1., 2.

Tabulka 2. Přehled vlastností filtr. materiálů CFH, Bayoxide E33 a GEH [5]

Parametr	Jedn.	CFH	Bayoxide E33	GEH
Chemické složení	-	Fe-O-OH	Fe ₂ O ₃ + α Fe-O-OH	Fe(OH) ₃ + β Fe-O-OH
Velikost částic	mm	1 - 2	0,5 - 2	0,2 – 2
Objemová hmotnost	g/cm ³	1,12	0,45	1,25
Specifický povrch	m ² /g	120	120 - 200	250 – 300
Pracovní oblast pH	-	6,5 - 7,5	6,0 - 8,0	5,5 - 6,5
Pórovitost zrn	%	72 - 80	85	72 – 77
Barva	-	hnědá až červenohnědá	jantarová	tmavě hnědá až černá
Popis materiálu	-	suchý zrnitý	suchý zrnitý	vlhký zrnitý

Jako surová voda byla pro experimentální měření použita pitná voda z městské vodovodní sítě, v níž bylo zvýšené koncentrace železa, manganu, arsenu a mědi dosaženo uměle přidáním chemických roztoků těchto kovů (tab. 3).

Jednotlivé filtrační materiály byly v laboratoři nasypány do válcových kolon, které tvořily skleněné trubice o vnitřním průměru 4,4 cm. Spodní část každé skleněné trubice byla osazena plastovým kolenem a kulovým ventilem určeným k odběru vody. Ve spodní části trubice byla vytvořena drenážní vrstva z drobných kamínků, nad těmi byla vrstva ze skleněných kuliček o průměru 2 – 4 mm, aby při filtraci nedocházelo k odplavování filtračního materiálu z kolony do potrubí. Nad drenážní vrstvou se nacházela samotná filtrační náplň mocnosti 0,55 – 0,7 m. Zbytek trubice byl zaplněn vodou až po její horní okraj. Horní část trubice pak utěsňoval plastový uzávěr s kulovým ventilem. Celá filtrační soustava se skládala z 30 litrové nádoby na surovou vodu, čerpací jednotky, filtračních kolon, průtokoměru a přívodního, odtokového a pracího potrubí.

Během filtrace se surová voda čerpala pomocí čerpadla z nádoby přes průtokoměr do filtrační kolony. Množství protékající vody se regulovalo na průtokoměru škrtící tryskou, přičemž filtrační průtok se stanovil na 30 l/h. Při filtraci se v předem stanovených časech 0,5, 1, 2, 3 a 5 minut odebíraly vzorky vody na výtoku z filtrační kolony. Ve vzorcích pak byly měřeny hodnoty pH, teploty, zákalu, železa a manganu. Rovněž byly odebrány vzorky vody pro stanovení koncentrací mědi a arsenu, které byly měřeny v akreditované laboratoři SZÚ v Brně.

Tabulka 3. Rozbor surové vody se simulovaným znečištěním

t	pH	Teplota	Zákal	c(Fe)	c(Mn)	c(Cu)	c(As)
[min]	[-]	[°C]	[ZF]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[µg/l]
0	7,53	13,6	11,40	2,770	0,501	2,040	62,300

Tabulka 4. Rozbor vody po filtraci přes materiál CFH 0818

t	pH	Teplota	Zákal	c(Fe)	c(Mn)	c(Cu)	c(As)
[min]	[-]	[°C]	[ZF]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[µg/l]
0,5	7,91	17,5	1,84	0,607	0,035	0,180	2,600
1	7,95	17,8	1,41	0,354	0,003	0,097	1,600
2	7,88	17,3	0,83	0,237	0,000	0,066	1,000
3	7,91	17,2	0,81	0,234	0,000	0,069	< 1
5	7,89	17,1	0,75	0,116	0,000	0,047	< 1

Tabulka 5. Rozbor vody po filtraci přes materiál Bayoxide E33

t	pH	Teplota	Zákal	c(Fe)	c(Mn)	c(Cu)	c(As)
[min]	[-]	[°C]	[ZF]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[µg/l]
0,5	7,77	18,2	1,37	0,176	0,016	0,063	1,200
1	7,74	18,0	1,03	0,145	0,013	0,055	1,000
2	7,68	17,9	0,97	0,118	0,011	0,045	< 1
3	7,64	17,9	0,94	0,112	0,008	0,044	< 1
5	7,64	17,9	0,74	0,096	0,005	0,039	< 1

Tabulka 6. Rozbor vody po filtraci přes materiál GEH

t	pH	Teplota	Zákal	c(Fe)	c(Mn)	c(Cu)	c(As)
[min]	[-]	[°C]	[ZF]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[µg/l]
0,5	7,62	18,5	2,80	0,324	0,045	0,105	2,100
1	7,58	18,6	1,98	0,299	0,044	0,101	1,800
2	7,57	18,5	1,42	0,240	0,042	0,082	1,700
3	7,52	18,2	1,32	0,230	0,025	0,074	1,400
5	7,48	18,2	1,13	0,164	0,023	0,073	1,200

Tabulka 7. Rozbor vody po filtraci přes materiál DMI-65

t	pH	Teplota	Zákal	c(Fe)	c(Mn)	c(Cu)	c(As)
[min]	[-]	[°C]	[ZF]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[µg/l]
0,5	7,63	19,2	7,93	0,180	0,025	2,920	< 1
1	7,54	19,0	3,48	0,062	0,021	0,735	< 1
2	7,53	19,1	2,40	0,041	0,020	0,588	< 1
3	7,52	18,9	1,98	0,026	0,019	0,051	< 1
5	7,50	18,6	1,13	0,022	0,012	0,029	< 1

Z výsledků rozboru jednotlivých vzorků vody lze spolehlivě říci, že všechny materiály jsou schopné účinně odstranit železo, mangan, měď i arsen. Materiál DMI-65 prokázal výborné účinky při odstraňování železa (obr. 1). Hodnota koncentrace železa byla již po 0,5 minutě pod limitní hodnotou 0,2 mg/l danou vyhláškou č. 252/2004 Sb., přičemž

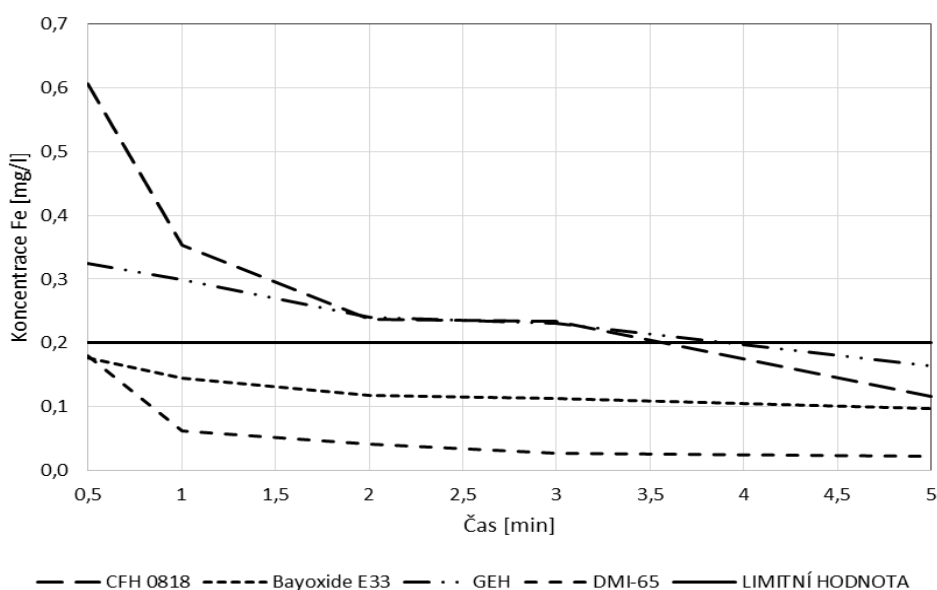
podobných hodnot dosáhl jen Bayoxide E33. V průběhu experimentu udržoval materiál DMI-65 koncentraci železa na nejnižší hodnotě ze všech testovaných materiálů. U materiálů CFH 0818 a GEH byly hodnoty koncentrace železa v přefiltrované vodě pod limitní hodnotou pro pitnou vodu až cca po 3,5 minutách.

Mangan byl z vody odstraněn všemi materiály již po 0,5 minutě měření pod limitní hodnotu 0,05 mg/l danou vyhláškou pro pitnou vodu (obr. 2). Materiál GEH v tomto případě vykazoval nejslabší výsledky, materiál DMI-65 si vedl v odstraňování manganu o něco lépe než materiál GEH. Nejlepších výsledků při odstraňování manganu z vody však dosáhl materiál CFH 0818, který již po 2. minutě měření odstranil mangan z vody úplně.

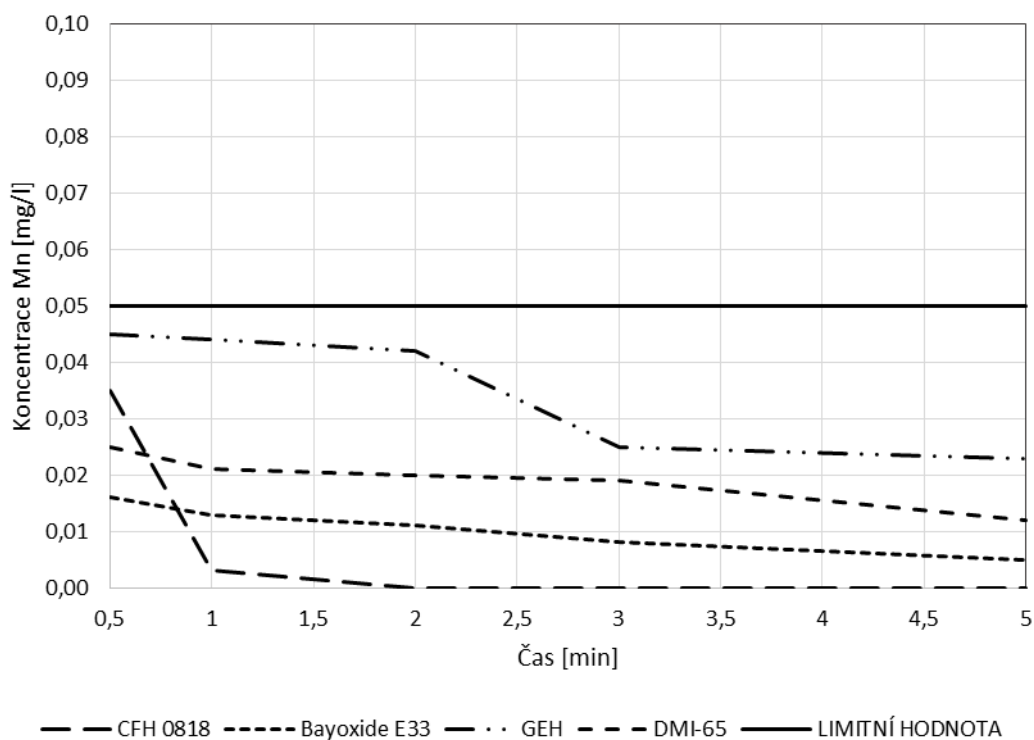
Měď byla odstraněna u materiálů CFH 0818, Bayoxide E33 a GEH hned po 0,5 minutě měření pod limit 1 mg/l daný vyhláškou pro pitnou vodu (obr. 3). Materiál DMI-65 dosáhl pod limitní hodnotu až po necelé minutě. Dále však všechny materiály držely hodnoty koncentrace mědi na velmi nízkých hodnotách. Materiál DMI-65 pak po třetí minutě měření vykazoval ze všech zkoumaných materiálů nejnižší hodnoty koncentrace mědi v přefiltrované vodě.

Přestože koncentrace arsenu v modelové vodě byla až 62,3 $\mu\text{g/l}$, byl po filtraci přes zvolené materiály odstraněn již po 0,5 minutě hluboko pod limitní hodnotu pro pitnou vodu, která činí 10 $\mu\text{g/l}$. Nejlépe však pracoval materiál DMI-65, u kterého po půl minutě klesla koncentrace pod 1 $\mu\text{g/l}$, což byla nejnižší mez měřitelnosti tohoto kovu. Při srovnání všech čtyř materiálů nejvyšších hodnot koncentrací arsenu v přefiltrované vodě vykazoval materiál GEH.

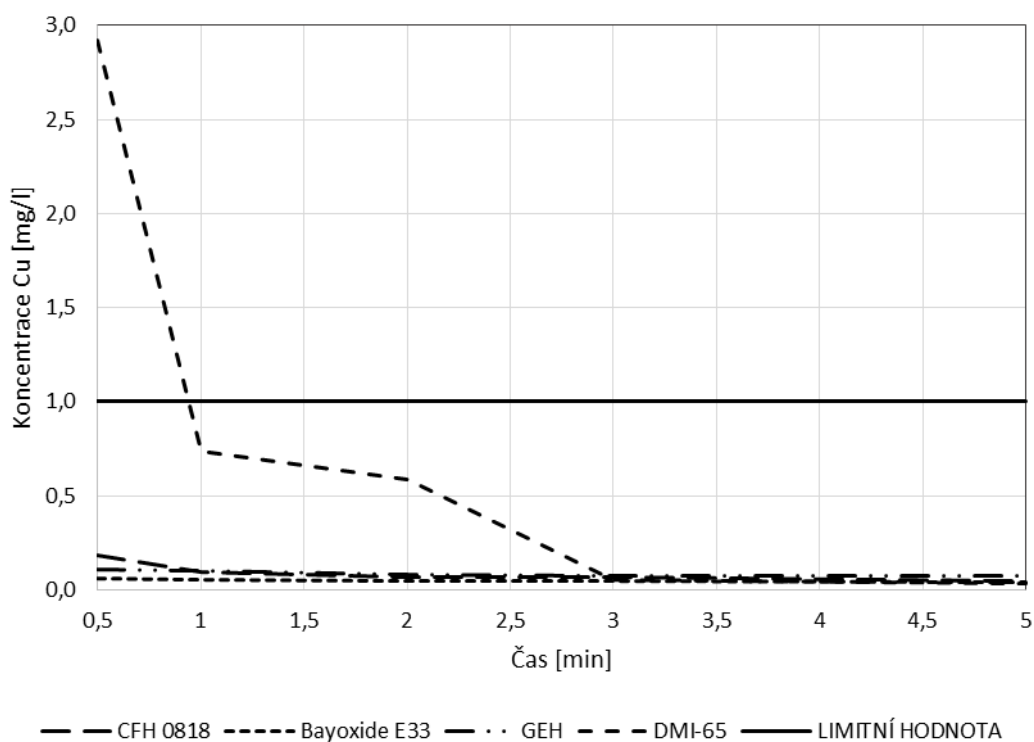
Současně se sledováním koncentrací železa, manganu, mědi a arsenu byly sledovány také hodnoty pH, teploty a zákalu. Hodnoty pH u všech materiálů s postupem měření klesaly. Teplota vody při pokusu byla větší než teplota surové vody, což je ovlivněno teplotou v laboratoři. Změna neměla na experiment žádný vliv. Zákal s průběhem filtrace klesal u všech materiálů, přičemž se s výjimkou materiálu DMI-65 okamžitě dostal pod limitní hodnotu 5 ZF stanovenou vyhláškou č. 252/2004 Sb. Důvodem počátečního zvýšeného zákalu u materiálu DMI-65 bylo odplavení drobných částic materiálu, přestože zafiltrování trvalo dostatečně dlouhou dobu.



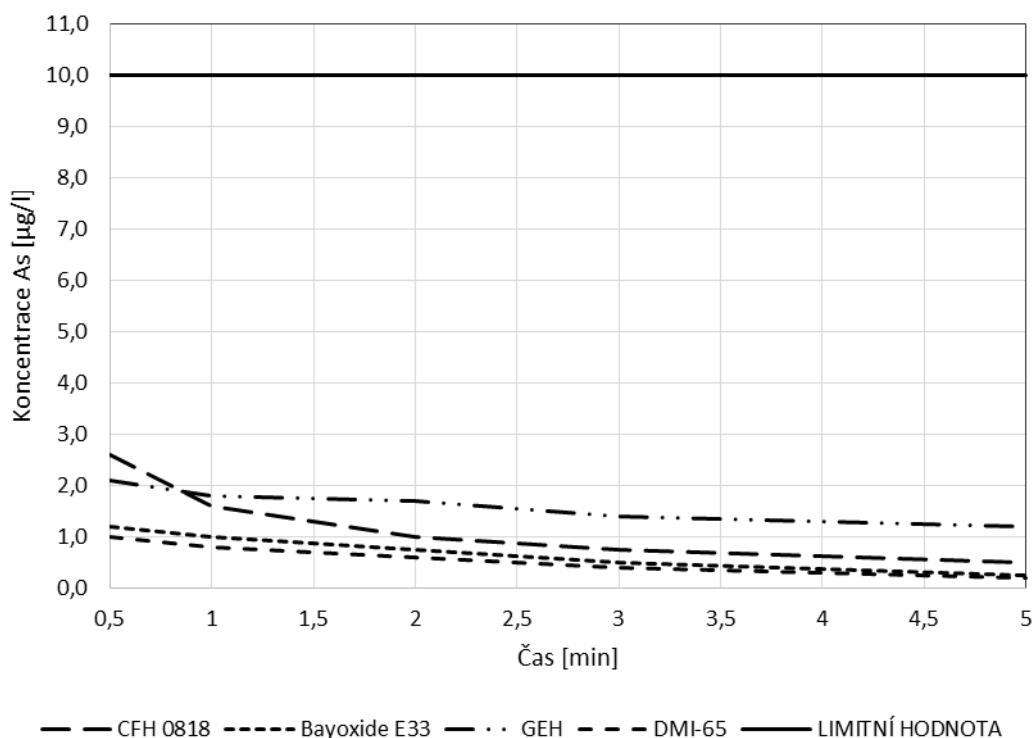
Obr. 1. Průběh odstraňování Fe z vody pomocí zvolených filtračních materiálů



Obr. 2. Průběh odstraňování Mn z vody pomocí zvolených filtračních materiálů



Obr. 3. Průběh odstraňování Cu z vody pomocí zvolených filtračních materiálů



Obr. 4. Průběh odstraňování As z vody pomocí zvolených filtračních materiálů

Závěr

Testovaný filtrační materiál DMI-65 spolehlivě snížil koncentraci vybraných kovů ve vodě pod jejich limitní hodnoty dané vyhláškou č. 252/2004 Sb. platnou pro pitnou vodu. Nejlepších výsledků dosáhl při odstraňování železa a arsenu z vody, kdy tento materiál snížil koncentraci kovů na nejnižší hodnoty ze všech testovaných materiálů. Průměrných výsledků dosáhl při odstraňování manganu, přičemž stále klesající hodnoty předurčovaly další snížení koncentrace tohoto kovu v upravované vodě. Při odstraňování mědi z vody byl znatelný pomalý nástup účinnosti, avšak dále tento materiál vykazoval nejnižší koncentrace ze všech testovaných materiálů. Nutno však podotknout, že materiál pracuje jen při průběžném dávkování NaClO.

Poděkování

Příspěvek byl zpracován v rámci řešení grantového projektu specifického vysokoškolského výzkumu na VUT v Brně s názvem „Sledování účinnosti odstraňování mikroznečištění vodárenskými procesy“ (FAST-S-15-2701).

Literatura

1. Prospektové materiály k filtračnímu mediu DMI-65: Quantum DMI-65 Železo a mangan, DPT Design Centrum. 2013.
2. DMI-65. DPT Design Centrum [online]. [cit. 2015-12-15]. Dostupné z: <http://www.dptdesigncentrum.cz/cz/dmi-65>
3. Prospektové materiály k filtračnímu mediu DMI-65: Quantum DMI-65 Arsen, DPT Design Centrum. 2013.
4. Advanced Oxidation Filtration Media. DMI-65 & Quantum Filtration Medium [online]. [cit. 2015-12-15]. Dostupné z: <http://dmi65.com/wp-content/uploads/2014/11/DMI-65-Advanced-Oxidation2.pdf>
5. PĚKNÝ, Mojmír. Odstraňování vybraných kovů z vody. Brno, 2013. 65 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Renata Biela, Ph.D.