

INOVATIVE FILTRATION OF THE MICROBIOLOGICAL CONTAMINATION WATER USING NANOTEXTILE

Došek M., Lev J., Černý M., Kalhotka L.

Department of Engineering and Automobile Transport, Faculty of Agronomy, Mendel University in Brno, Zemědělská 1/1665, 613 00 Brno, Czech Republic

E-mail: xdosek1@node.mendelu.cz, michalc@mendelu.cz

ABSTRACT

This paper describes experiments performed to remove microbial pollution from contaminated water by nanotextiles. The main objective of the experiment was to verify effectivity and filtering capabilities of the new developed nanotextile.

High nanotextile porosity with pore sizes of tens of nanometers, is a prerequisite for using nanotextiles in filtration, because size of the bacteria is greater than size of the nanopores and the bacteria are simply captured in nanotextile network.

During the experiment has been tried out two new types of non-woven material nanotextiles, which were supposed to be high efficiency. Microbional contamination was simulated using the bacterium *Escherichia coli*.

Contaminated water was filtered under pressure. After filtration was performed microbional analysis of the filtrate and filtration material. The measured results were compared to the original, known contamination of the filtered sample. During the experiment was confirmed the assumption of relatively high efficiency of certain nanotextiles and their suitability for filtration of wastewater.

Key words: bacteria, nanotextile, filtration

Acknowledgments: This study was supported and financed by the Technology Agency of the Czech Republic n. TA01010356.

ÚVOD

Nanomateriály (NM) a nanotechnologie se v posledních dvaceti letech dostaly do popředí vědeckého zájmu a nacházejí uplatnění v mnoha oborech lidské činnosti. Počet výrobků využívajících nanomateriály stále roste. Roční produkce NM je odhadována na stovky až tisíce tun a bude nadále stoupat.[1] Obecně jsou nanomateriály považovány za materiál budoucnosti, objevuje se však řada studií které popisují možné škodlivé účinky některých nanomateriálů na lidské zdraví a životní prostředí. Například při výrobě uhlíkatých nanotrubic byl prokázán vznik řady toxických či rakovinotvorných zplodin (CNTs).[2] Reálný toxický účinek nanočástic z hlediska jejich současných aplikací a používání spočívá spíše v chronické toxicitě nebo v opožděné toxicitě než v toxicitě akutní.

Nanomateriály se používají v elektronice, automobilovém a technickém průmyslu, jako přísady do barev a lepidel. Uplatnění nacházejí v předmětech denní potřeby (opalovací kosmetika, pasty, vysavače...).[3] Doba nanotechnologií a nanomateriálů skýtá řadu možností, jak zvýšit efektivitu doposud používaných technologií a zároveň chránit a šetřit cenné přírodní zdroje, důležité pro budoucnost lidské populace. Jedním z příkladů může být například voda, která je základním stavebním prvkem všech organismů a přístup k pitné vodě je pro člověka nezbytný. Voda je základní podmínkou života, nejen že život ve vodě vzniknul, ale bez ní by žádný organismus nemohl dlouho přežít. Je to rozpouštědlo, ve kterém se odehrávají všechny chemické procesy v organismu. Počet lidí mající přístup k nezávadné vodě se sice zvyšuje, ale stále pětina lidí na světě je tato možnost odepřena. [4]

Pomineme-li znečištění fyzikálního a chemického původu, představuje závažný problém mikrobionální kontaminace vody. Díky tomu umírá celosvětově mnoho lidí na následky způsobené požitím takto kontaminované vody, která může způsobit závažné žaludeční a střevní potíže, které mnohdy končí i smrtí. V případě mikrobiální kontaminace vody se však naskýtá možnost elegantního řešení toho problému. Díky miniaturním pórům nanotextilie se předpokládá vysoká účinnost zachycení mikrobionálního polutantu v síťovité struktuře nanotextilie, jelikož bakterie, jejichž rozměry se pohybují v jednotkách mikrometrů, nemohou projít miniaturními nanopóry. Díky vysoké porozitě má nanotextilie mnohem menší tlakový odpor, oproti současným materiálům. Pokud by se tedy podařilo z těchto struktur vyvinout filtrační materiál a aplikovat jej v

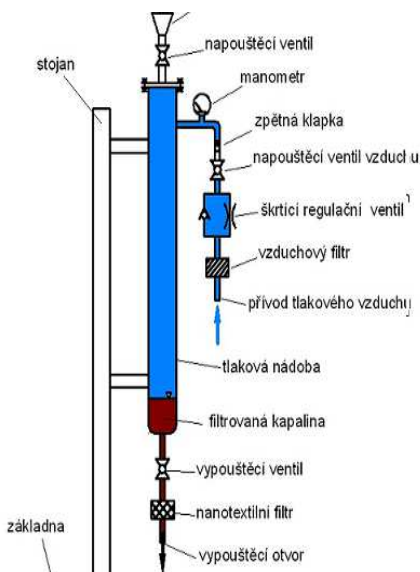
praxi, znamenalo by to značný přínos nejen pro lidstvo, ale i pro životní prostředí, jelikož by se omezilo použití chemických látek pro odstranění mikrobiální kontaminace a snížily by se energetické nároky.

MATERIÁL

Zkušební zařízení:

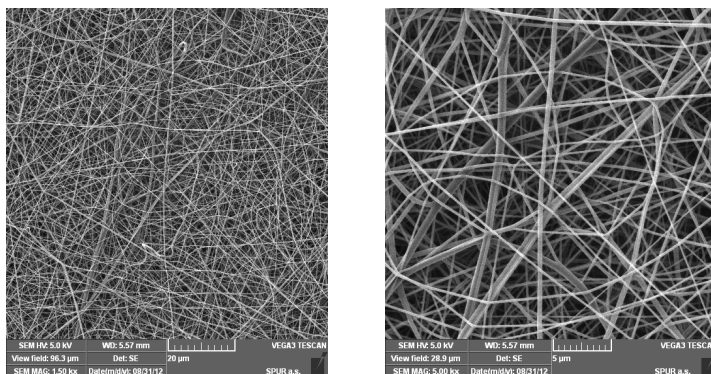
Pro účely pokusu bylo navrženo a sestrojeno speciální filtrační zařízení. Základem filtračního zařízení je tlaková nádrž o průměru 80 mm, která je mechanicky připevněna do robustního držáku. Ve vrchní části nádrže je umístěna příruba s nálevkou o průměru 20 mm a kulovým ventilem. Příruba je připevněna k nádrži osmi šrouby, které zaručují dostatečný svorný tlak na gumové těsnění a umožňují snadnou demontáž při čištění zařízení. Z boční strany je přivedeno potrubí tlakového vzduchu o průměru 15 mm. Přívod tlakového vzduchu je opatřen snímačem tlaku, zpětnou klapkou, regulačním ventilem, filtrem vzduchu a koncovkou rychlospojky. Ve spodní části zařízení se nachází vypouštěcí potrubí, přípojka na snímač tlaku vypouštěcí ventil, a držák filtračního materiálu.

Obr. č. 1: Filtrační zařízení



Pro samotný experiment byly použity jako filtrační materiál polyuretanové nanotextilie s označením 3PI 925 Ce 15 PP50 s plošnou hmotností $3,3 \text{ g/m}^2$ a MŘ 12. Plošná hmotnost materiálu MŘ 12 byla $2,45 \text{ g/m}^2$. Jako nosný materiál pro nanovlákná byla použita polypropylenová podložka.

Obr. č. 2: SEM nanovláken, použitých k přípravě membrány 3xPL925 CE15 PP50, zvětšení 1500x, 5000 x.



METODIKA

Napouštěcím ventilem tlakového vzduchu byl přiveden tlakový vzduch, pomocí regulačního ventilu byl nastaven na manometru tlak 10^5 Pa. Nanotextilní materiál na nosném médiu byl upnut do držáku. Vypouštěcím ventilem ve spodní části zařízení byla kapalina přivedena na filtr a po filtraci zvoleného objemu filtrátu byl vypouštěcí ventil uzavřen. Pro orientační výpočet průtoku přes filtr byl zaznamenáván čas filtrace.

Jako mikrobionální polutant byla zvolena bakterie *Escherichia coli* o rozměrech: 1,1 - 1,5 x 2 – 6 μm. Tyto bakterie často slouží jako jeden z hlavních indikátorů znečištění vody.

Filtrace *E. coli* metodika mikrobiologické analýzy:

E. coli CCM 2024 byla kultivována 24 h v 250 ml TSB (Biokar Diagnostics, France), po 24 h byla bakteriální suspenze zcentrifugována 20 min při 3000 rpm. Po slítí roztoku živného média byla usazenina resuspendována ve sterilním fyziologickém roztoku a opětovně zcentrifugována a resuspendována. Z takto promyté kultury *E. coli* o koncentraci cca 10^8 buněk v 1 ml bylo následně desetinným ředěním připraveno potřebné množství fyziologického roztoku s *E. coli* o teoretické koncentraci 10^6 buněk v 1 ml. Takto připravený roztok byl použit pro experiment.

Po provedení experimentálních filtrací byly vybrané filtry vytřepány 3 min v 50 ml sterilního fyziologického roztoku na homogenizátoru typu STOMACHER. V získaných filtrátech, původních roztocích s *E. coli* a výtřepech z filtrů byly stanoveny počty *E. coli* plotnovou metodou. Petriho misky byly inokulovány 1 ml vzorku nebo jeho desetinného ředění a kultivovány na VRBL agar (Biokar Diagnostics, France) 24 h při 37°C. Po uplynutí doby kultivace byly na miskách odečteny narostlé kolonie a výsledek byl vykázan jako KTJ/ml resp. 50 ml vzorku.

VÝSLEDKY

Přefiltrované i nepřefiltrované médium bylo podrobeno mikrobiologickému rozboru na přítomnost *E. coli*. Po uplynutí doby kultivace byly na miskách odečteny narostlé kolonie *E. coli* a stanoven počet bakterií v KTI/ml. Při experimentech byly naměřeny následující hodnoty (viz. tabulka a graf)

Tab. č. 1: Výsledky rozborů a účinnost filtrace

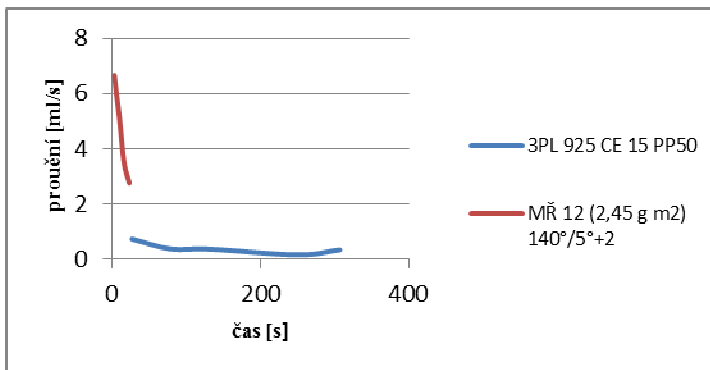
Číslo vzorku	Označení mat.	Čas filtrace [sec.]	Počet po filtraci [KTI/ml]	Objem [ml]	Osvětlení	Účinnost [%]
1	3PL 925 CE 15 PP50	307	24500	100	ne	98,17
2	MŘ 12 (245 g m ²) 140°/5°+2	1413	677350	100	ne	99,95
3	3PL 925 CE 15 PP50	600	610550	200	ne	99,95
4	MŘ 12 (245 g m ²) 140°/5°+2	10	454550	100	ano	96,61
5	3PL 925 CE 15 PP50	600	90400	250	ano	99,32
6	MŘ 12 (245 g m ²) 140°/5°+2	953	521500	500	ano	99,96
7	3PL 925 CE 15 PP50	153	63200	100	ne	99,53
8	3PL 925 CE 15 PP50	141	53600	100	ano	99,60

Pozn: Vstupní koncentrace bakterie *E. Coli* ve filtrované suspenzi byla $1,3 \cdot 10^7$

Průměrná účinnost materiálu 3PL: 99,314 %

Průměrná účinnost materiálu MŘ: 98,84 %

Graf. 1: Rychlost proudění pro objem 100 ml



DISKUZE

Během experimentu byl potvrzen předpoklad relativně vysoké účinnosti nového typu nanotextilních materiálů pro odstranění bakteriální kontaminace z vody.

Oba testované materiály vykazovaly vysokou filtrační účinnost. Materiál označený jako MŘ 12 ($2,45\text{g/m}^2$) $140^\circ/5^\circ+2$, se vyznačoval prakticky stejnou účinností jako 3PL 925 CE 15 PP50.

U nanotextilie s označením MŘ, byla naměřena větší rychlost proudění. Pravděpodobně to bylo způsobeno strukturou tohoto materiálu, který se vyznačuje menší gramáží na jednotku plochy. Díky menší gramáži materiálu může docházet eventuelně ke snížení filtrační účinnosti. V tomto případě byl však rozdíl mezi materiály velmi malý a vzhledem k počtu měření neprůkazný.

Naše výsledky (99,31 % a 98,84 %) jsou srovnatelné se studií provedenou Gomezem (2006) [5], která se zabývá odstraněním *E. coli* z odpadní vody pomocí komerčně užívaných membrán. V tomto případě se pohybovala účinnost 99,9% and 100%.

Během tohoto experimentu jsme dosáhli rovněž srovnatelných podobných výsledků jaké udává ve své studii Bjorge (2009) [6]. V této studii bylo zkoumáno odstranění *E.coli* z nemocničních odpadních vod. Bjorge (2009) dosáhl při odstraňování mikrobiální kontaminace log. hodnoty v rozmezí 1,7 až 2,1, avšak v tomto případě byl efekt podpořen funkcionalizací nanovláken stříbrem.

I přes vysokou účinnost bychom chtěli výsledky ještě vylepšit a optimalizovat filtrační materiál. Pro další experimenty se plánuje vyzkoušet nanotextilie s aditivou s FTC pro zvýšení biocidních účinků. Bude se rovněž testovat mechanická odolnost a rovněž budou také provedeny experimenty s reálnou vodou z ČOV.

U některých experimentů, které nejsou zpracovány z časových důvodů do tohoto článku, se používá fotoaktivních, antibakteriálních látek jako ftalocianiny nebo TiO_2 . Prokázalo se, že osvětlení samo o sobě nemá na snížení počtu bakterií při filtraci vliv.

ZÁVĚR

V oblasti filtrace vody se jeví nanotextilie jako velice perspektivní směr, ve kterém se může čištění odpadních a mikrobiálně kontaminovaných vod ubírat. Vhodnost nanotextilí pro odstranění mikrobiologického znečištění vody se podařilo prokázat experimentálně s relativně vysokou účinností okolo 99 %. Pomocí těchto a dalších plánovaných testů zaměřených na filtraci těchto vod přes klasické nanotextilie a nově přes nanotextilie, do jejichž vláken jsou navázány antibakteriální látky, které se při filtraci neuvolňují, se jeví jako velmi perspektivní, účinná a hlavně ekonomicky a environmentálně výhodná metoda. Z výsledků rovněž vyplývá, že nanotextilie je možné využít i při filtraci pevných částic o velikosti 1-6 μm . Tato technologie by se mohla uplatnit i v terciálním dočištění odpadní vody na ČOV či v úpravě pitné vody.

V současnosti je naplánovaná celá řada filtračních experimentů, za účelem nalezení materiálu vhodného pro poloprovodní a provozní podmínky. Výzkum bude nadále pokračovat v rámci výzkumu pro využití nanotextilií v oblasti čištění vody, který je podpořený grantem TAČR.

LITERATURA

1. Navarro E., Baun A., Behra R., Hartman N., Filser J., Miano A.-J., Quigg A., Santschi P., Sigg L., *Ecotoxicology* 17, 372 (2008)
2. Craig S. Byrnes, "Nanotechnology and the Regulation of New Technologies." , <http://digitaljournal.com/article/220456> (accessed October 14, 2012).
3. Handy R. D., Shaw b. J.: *Integr. Environ. Assess Manage.* 3, 457 (2007)
4. Mgr. Jana Šejnohová, . *Country numerical population growth as a global problem*. Brno: MASARYK UNIVERSITY, 2012.
http://is.muni.cz/th/80461/pedf_c/Pocetni_rust_obyvatelstva_Zeme_jako_globalni_problem.txt
(accessed October 14, 2012).
5. Gómez M., de la RUA A., Garralón G., Plaza F., Hontoria E., and Gómez M.A.,(2006) Urban wastewater disinfection by filtration technologies, *Desalination*, 190, 16 – 28.
6. Bjorge D., Daels N., De Vrieze S., Dejans P., Van Camp T., Audenaert W., Hogue J., Westbroek P., De Clerck K., Van Hulle W.H.S., (2009), Performance assessment of electrospun nanofibers for filter applications, *Desalination* 249, 942–948.