

PERMEABILITY FLUIDS OF NANOTEXTILES

PROPUSTNOST KAPALIN U NANOTEXTILÍ

Kolářek S., Černý M.

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

E-mail: tornados@centrum.cz, michalc@mendelu.cz

ABSTRACT

Nanotextiles are known for more than 90 years, but recently experienced a huge boom. Today nanotextiles produced almost exclusively Nanospider technology. This allows the production of 1-6 g.min⁻¹.m⁻¹. Estimated applications include are wide. Very fine filters for machine and automotive industry are extended service intervals, smart bandages with antibacterial silver in medicine accelerate wound healing and protects against non-sterile environment. Airy, but still sealed packaging keeps food fresh.

Nanotextiles due to its large voids are particularly suitable for the filtration of liquids. An important indicator for the evaluation and use of the permeability fluid. It is measured in a special laboratory equipment. This device allows you to adjust the height of the water column in five levels 200, 400, 600, 800 and 1000 mm. Into the equipment flows demineralized water. Measured values of each sample are evaluated and inserted into the graph.

Key words: nanotextiles, permeability fluid, filtration

ÚVOD

Velká pozornost je v poslední době věnována zejména nanovláknům i přestože je známe více než 90 let. Technologii výroby vláken formou „Nanospider“, lze velmi rychle vyrobit $1\text{--}6\text{ g}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$ nanovrstvy. Využití vláken se tak zrychleně prosadilo do mnoha oborů především k filtraci kapalin a vzduchu, výrobě vzduchově prodyšných látek, voděodolných nesmáčivých povrchů, obalových nebo protihlukových materiálů apod. Za celým tajemstvím těchto super vlastností se skrývá jemná struktura s náhodně přes sebe uspořádanými vlákny o rozměrech menších, jak 1 mikrometr. Jedná se tedy o netkanou textilii, která má enormně velký měrný povrch s vysokou pórovitostí, který zajišťuje vynikající propustnost kapalin. Mezi další neopomenutelné výhody patří nízká výrobní cena za m^2 , dostatečná mechanická soudržnost při zachování nízké hmotnosti.

Existuje obrovské množství organických, anorganických a biopolymerních materiálů, které lze k výrobě nanovláken upotřebit. Dnes je možné vlákna vyrábět buď tradičně přímo z roztoků, anebo i z tavenin. U výroby z tavenin je výhodou, že nedochází k uvolňování škodlivých látek a tím k poškozování životního prostředí. Kombinací jednotlivých přísad se velmi snadno ovlivňuje filtrační oblast nebo prostředí pro použití takto vyrobené textilie. Vlákna v poslední době našla využití i pro jiné než původně zamýšlené účely a to v oblasti lékařství a biomedicíny. Obvazové materiály s vynikající prodyšností a pevnou bariérou proti bakteriím a virům zajišťují dokonalou izolaci od okolního nesterilního prostředí. Obvazový materiál navíc doplněn o přídavek antibakteriálního stříbra vůči běžnému konvenčnímu materiálu ještě více urychluje hojení ran. Byly již otestovány i první pokusy v tkáňovém inženýrství pro rekonstrukci kůže, kostí, nervů i cév. Vzhledem k tomu, že nanotextilie mají velký plošný povrch, nachází se další uplatnění pro řízené podávání léků, které se samy postupně uvolňují jen v požadovaných místech.

MATERIÁL A METODIKA

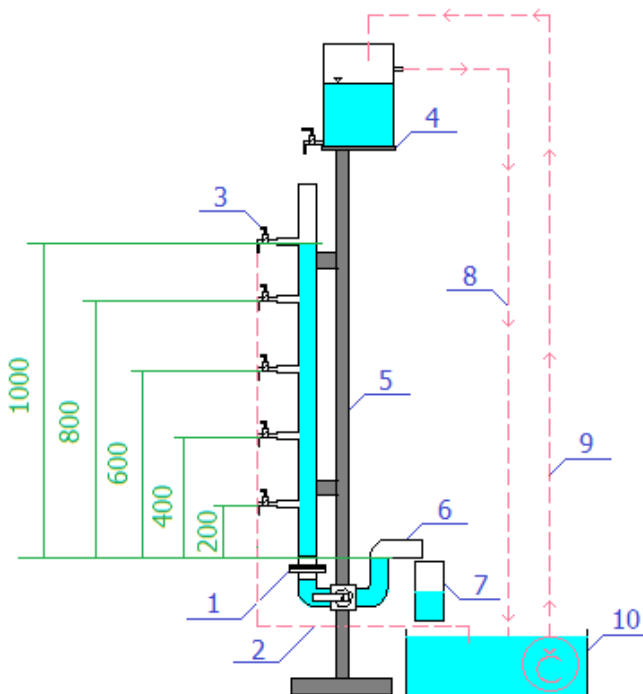
Zkouška propustnosti slouží ke zjištění hodnoty propustnosti a porovnání rychlosti proudění kapaliny nanotextilní membrány. V zařízení je nezatížená vrstva nanotextilie vystavena jednosměrnému proudění kapaliny – nejčastěji vody ve směru kolmém k rovině při řadě konstantních hodnot sloupce hydrostatické výšky.

Vybrané experimentální vzorky byly vyraženy do kruhového průřezu (průměru 80 mm). Vzorky se nesmějí připravovat z pomačkaných, ani přehnutých textilií. Vzorky nesmí být před experimentem zatíženy, nesmí se přehýbat a musí být udržovány v poloze naplocho bez zatížení. Z každého materiálu se odebralo 5 zkušebních vzorků.

Přístroj umožňuje nastavení poklesu hydrostatické výšky v hodnotách 1000; 800; 600; 400; 200 mm, a udržení konstantní hydrostatické výšky v průběhu každé zkoušky. Pokud je zkoušený

materiál velmi tenký a je nutné zabránit jakékoliv viditelné deformaci, uloží se kvůli podepření zkušebního vzorku během zkoušky pod jeho odtokovou stranu mřížka z drátu o průměru 1mm a o velikosti ok $10\pm 1\text{mm}$. Teplota vody musí být mezi $18\text{-}22^\circ\text{C}$. Při experimentu byla použita demineralizovaná voda.

Obr. 1 Schéma zařízení na měření propustnosti kapalin nanotextilií



1.držák membrány, 2.kohout výtoku na odchyt vody, 3. 5ks kohoutů vodního sloupce, 4. vyrovnávací nádoba vodního sloupce, 5.nosná kostra zařízení, 6.ústí výtoku měřené vody, 7.odchytná/odměrná nádoba, 8.přepad vyrovnávací nádoby, 9.přtok z čerpadla do vyrovnávací nádoby, 10.čerpadlo vody

Postup zkoušky:

Zkušební vzorek se při teplotě místnosti vloží do vody (obsahující smáčecí prostředek – aryl-alkyl sulfonát sodný v objemové koncentraci 0,1%), mírně promíchá s cílem odstranění vzduchových bublin, a ponechá smáčet minimálně 12hod.

Zkušební vzorek se vloží do přístroje a zajistí se, aby všechny spoje byly vodotěsné. Poté se přístroj naplní vodou do dosažení rozdílu hydrostatické vody 50 mm přes zkušební vzorek. Přívod vody se uzavře, a jestliže se hydrostatické výšky nevyrovnejí na obou stranách zkušební vzorku do 5min. prošetří se možnost jakéhokoliv zachycení vzduchu uvnitř přístroje a postup se opakuje.

Proudění vody se nastaví tak, aby byl dosažen pokles hydrostatické výšky o 1000 mm. Když se hydrostatická výška ustálí, minimálně na 30s, odebírá se voda procházející systémem do odměrné nádoby po stanovenou vodu a objem shromážděné vody se zaznamená se zaokrouhlením 10cm³, a doba se zaokrouhlením na 1s. Objem odebrané vody by měl být minimálně 1000cm³ a doba odebírání by měla být minimálně 30s.

Pokud se proudění vody zjišťuje na základě objemu, pak objem odměrné nádoby nesmí být více jak dvakrát větší než objem odebrané vody.

Opakuje se postup se čtyřmi hodnotami nižšího poklesu hydrostatické výšky, přibližně 0,8, 0,6, 0,4 a 0,2 násobkem maximálního poklesu hydrostatické výšky, začíná se nejvyšší rychlostí a končí nejnižší.

Teplota vody se zaznamenává se zaokrouhlením na 0,5°C. Postup se opakuje pro každý zkušební vzorek. Výpočet a vyjádření výsledků:

Rychlost proudění v_{20} v metrech za sekundu při 20 °C se vypočítá podle vzorce:

$$v_{20} = \frac{VR_T}{At}$$

V – změřený objem vody v metrech krychlových

A – exponovaná plocha zkušební vzorku v metrech čtverečních

RT – korekční faktor na teplotu vody 20°C

t – doba naměřená do dosažení objemu V v sekundách

T – teplota vody ve °C

Rychlosti proudění v_{20} se vypočítají při každém poklesu hydrostatické výšky H , u každého z pěti zkušebních vzorků. Do grafu se vynesou hodnoty poklesu hydrostatické výšky H , proti rychlosti v_{20} a pro každý zkušební vzorek se zvolí nejvhodnější křivka procházející počátkem a to výpočtem nebo graficky. Křivky všech pěti zkušebních vzorků se vynesou do jednoho grafu.

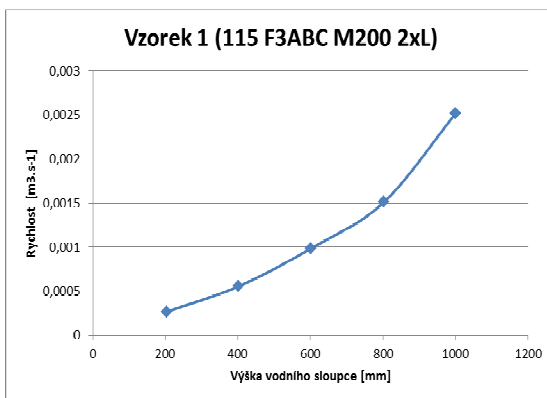
VÝSLEDKY A DISKUZE

Pro sledování průtoku nanotextilií byla, jako nejvhodnější kapalina zvolena demineralizovaná voda. Pokus se vzorky tvořilo 9 typů membrán vyrobených z nanotextilií a pro srovnání bylo ještě zahrnuto 2 konkurenčních vzorků. Celkem tedy bylo připraveno k testu 11 typů vzorků membrán. Přehled všech použitých materiálů představuje následující tabulka.

Tab. 1. Seznam použitých typů membrán

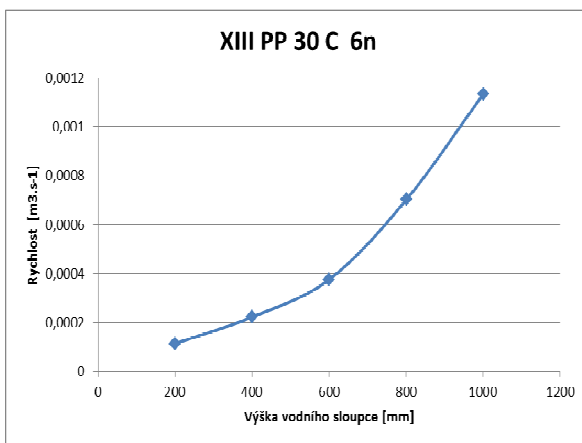
Vzorek 1	115 F3ABC M200 2xL
Vzorek 2	XIII PP 30 C 6n
Vzorek 3	XXII PP 30 C
Vzorek 4	XXIV PP 30 C
Vzorek 5	XXV PP 30 C 2n
Vzorek 6	MV020
Vzorek 7	UP150P
Vzorek 8	3xPL 925 CE 15 PP50
Vzorek 9	MŘ 12 (24g/m ²) 140°5"+2xPL 926+PL 890 (1,38g/m ²)
Vzorek 10	MŘ 11 (24g/m ²) 130°5"+2xPL 926+PL 890 (1,38g/m ²)
Vzorek 11	SPURCO 0,8 130°5"+2xPL 926+PL 890 + PL734 (1,38g/m ²)

Graf 1. Vzorek 1: 115 F3ABC M200 2xL



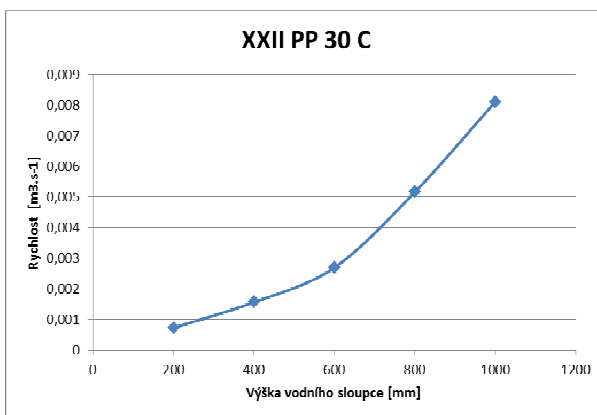
Naměřené hodnoty rychlosti průtoku u vzorku 1. 115 F3ABC M200 2xL se pohybují při výšce vodního sloupce 200 mm s rychlostí toku 0,000268 m³·s⁻¹ a při výšce 1000 mm vodního sloupce 0,002521 m³·s⁻¹.

Graf 2. Vzorek 2: XIII PP 30 C 6n



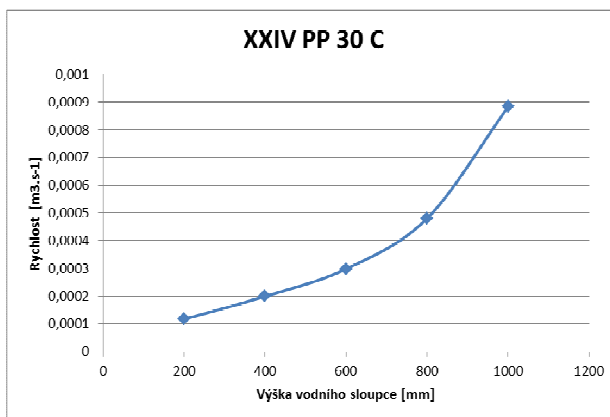
Vzorek 2. při nejnižší výšce 200 mm dosahuje průměrné rychlosti toku $0,000114 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Výšce 1000 mm odpovídá rychlost toku vody membránou $0,001135 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Graf 3. Vzorek 3: XXII PP 30 C



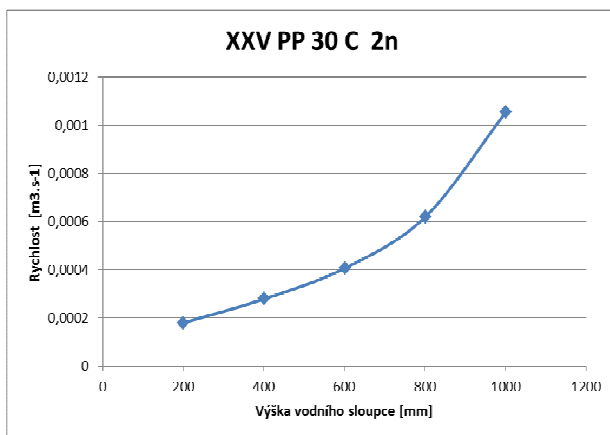
U vzorku 3. byly naměřeny hodnoty při výšce vodního sloupce 200 mm $0,000736 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a u vodního sloupce 1000 mm $0,008107 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Graf 4. Vzorek 4: XXIV PP 30 C



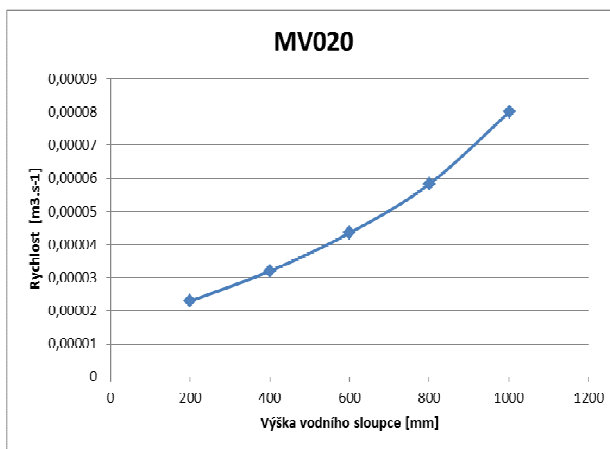
Hodnota rychlosti u vzorku 4 odpovídající výšce sloupce vody 200mm je $0,000117 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. U nejvyššího sloupce 1000 mm se rychlost pohybuje $0,000885 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Graf 5. Vzorek 5: XXV PP 30 C 2n



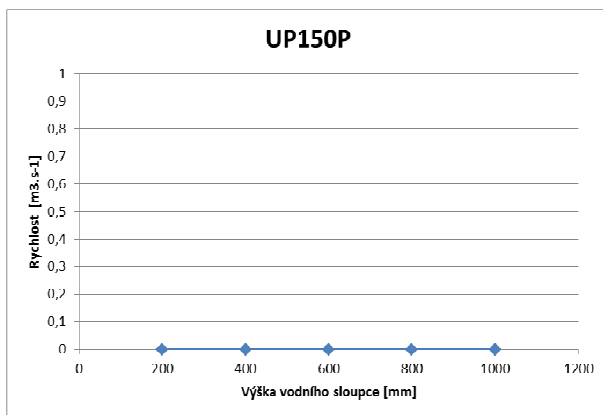
Vzorek má rychlost $0,000180 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ při výšce sloupce 200 mm. $0,001055 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ je dosaženo při 1000 mm vodního sloupce.

Graf 6. Vzorek 6: MV020



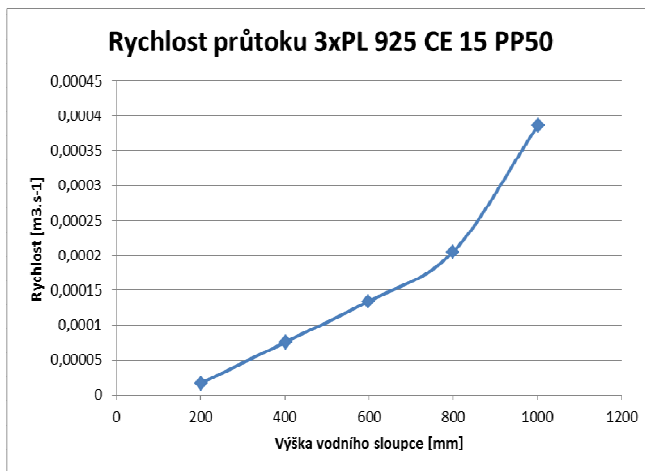
U vzorku 6, který není vyroben z nanomateriálu byla naměřena při 200 mm sloupce rychlost 0,000023 m³·s⁻¹. Výšce sloupce 1000 m³·s⁻¹ odpovídá rychlost toku 0,000080 m³·s⁻¹.

Graf 7. Vzorek 7: UP150P

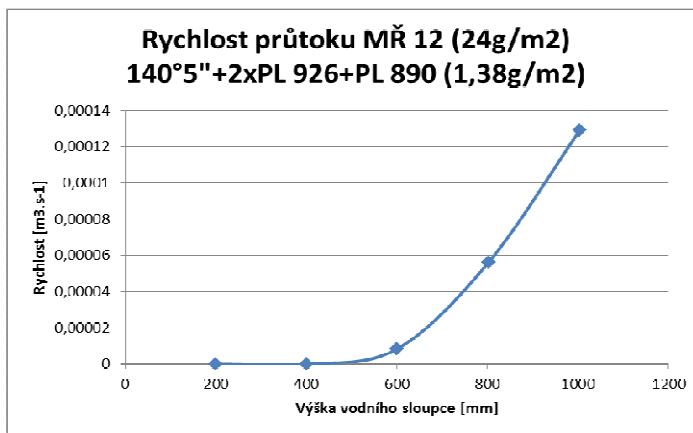


Další vzorek 7 vyroben ze zcela odlišného materiálu se choval naprosto nepropustně. U všech 5-ti nastavitelných vodních výšek nebylo možno zachytit žádnou kapalinu. Při ponechání vody v zařízení a nastavením kohoutu na nejvyšší sloupec po dobu 24h bylo zachyceno pouze 400ml.

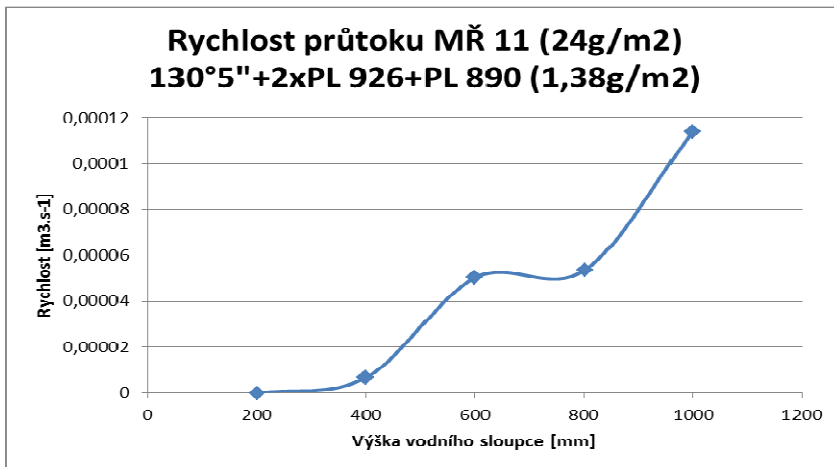
Graf 8. Vzorek 8: 3xPL 925 CE 15 PP50



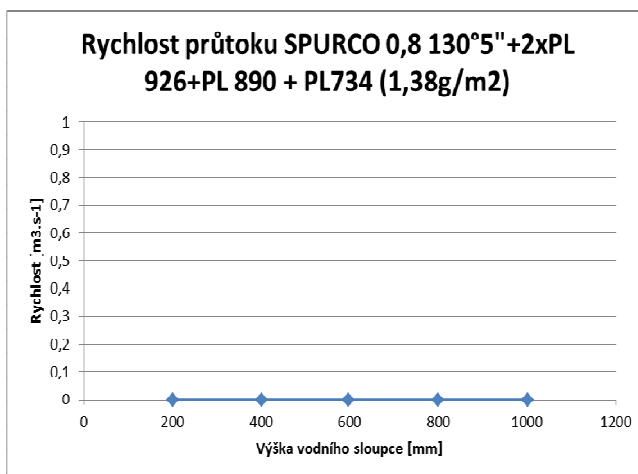
Vzorek u nanotextilie číslo 8 dosahoval při sloupci 200 mm průtoku $0,000017 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. U výšky 1000 mm to bylo $0,000387 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Graf 9. Vzorek 9: MŘ 12 (24g/m²) 140°5"+2xPL 926+PL 890 (1,38g/m²)

U vzorku 9 při výšce sloupce 1000 mm docházelo k průtoku o velikosti $0,000129 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Postupně od výšky vodního sloupce 500 mm se rychlost zastavila na $0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a dále se už nezvyšovala.

Graf 10. Vzorek 10: MŘ 11 (24g/m²) 130°5" + 2xPL 926 + PL 890 (1,38g/m²)

Vzorek 10 se z počátku při 1000 mm pohyboval na rychlosti 0,000114 m³·s⁻¹. a v průběhu od výšky 300 mm stagnoval na 0 m³·s⁻¹.

Graf 11. Vzorek 11: SPURCO 0,8 130°5" + 2xPL 926 + PL 890 + PL734 (1,38g/m²)

Vzorek SPURCO dopadl ze všech testovaných nanotextilií nejhůře. Nebylo možno žádné z výšek vodního sloupce naměřit rychlost průtoku. Po celé době měření se vzorek choval jako nepropustný.

Z dosažených výsledků lze vyhodnotit, jako nejvýznamnější membránu ze vzorku č. 3, který dosahoval rychlosti $0,008107 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ při vodním sloupci 1000 mm byla ze všech testovaných nejvyšší. Naopak u nanotextilie SPURCO č. 11, kde nebylo dosaženo žádného průtoku, je zřejmě příčinou technologie výroby. Ta se od jednotlivých značně liší a to tím, že nanovrstva u tohoto vzorku je na podklad přilepena lepidlem. Lepidlo by mohlo zalepenými póry membráně bránit v průtoku vody. Možná by bylo v budoucnu dobré zkoušku zopakovat s přetlakem třeba o velikosti 1 Bar. Konkurenční vzorek č. 7 UP150P by bylo potřeba měřit jen za přetlaku vody a to nejhodněji s vyšším, jak 1 Bar. Možným faktorem, který by mohl určitým způsobem ovlivnit a snížit u některých vzorků propustnost vody membránou je přítomnost kyslíku v kapalině. Ten může u velmi malých pórů jednotlivé kanálky vyplňovat a snížit propustnost membránou. U vzorků nanotextilí č. 9 a 10 s PP mřížkou stojí za zmínku lepší mechanická odolnost a soudržnost nanovrstvy na nosném podkladu v porovnání s dosud testovanými membránami.

ZÁVĚR

Cílem bylo u všech připravených vzorků ověřit propustnost vody na laboratorním zařízení. Z naměřených výsledků lze některé membrány více doporučit k filtraci vody díky velmi nízkému odporu v toku, jak tomu bylo u membrány č. 7. Vzorek SPURCO č. 11 nelze vůbec doporučit k filtraci a bude zřejmě nutné ještě zlepšit technologii výroby tohoto materiálu. Je důležité si uvědomit, že na propustnost nanotextilie nemá vliv jenom samotná nanovrstva, ale také způsob připevnění k podkladu a materiál samotného podkladu. Ten může být různého původu od viskózy přes netkanou textilií až po polypropylenovou mřížku. Existuje a zbývá ještě mnoho kombinací nanomembrán, které je potřeba odzkoušet předtím, než je budeme moci aplikovat nebo zařadit pro vhodný druh činnosti.

LITERATURA

- [1] ČSN EN ISO 11058, Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím – Zjišťování charakteristik propustnosti pro vodu kolmo k rovině, bez zatížení, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2010, 20 s.
- [2] KUBÍNEK, R.; STRÁNSKÁ, V. Úvod do problematiky nanotechnologií, Dostupné na: <<http://exfyz.upol.cz/didaktika/oprlz/nanotechnologie.pdf>>
- [3] ELMARCO, Oblasti aplikací nanotextilí, 2011, Dostupné na: <http://www.elmarco.com/application-areas/oblasti-aplikaci/>
- [4] KUBÁTOVÁ, J. Nanotechnologie v zemědělství a potravinářství – zpráva www.nanoforum.org, 2007, Dostupné na: <http://www.nanotechnologie.cz/view.php?cislocianku=2007080013>
- [5] www.nanospider.cz