

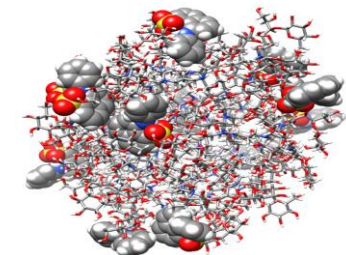
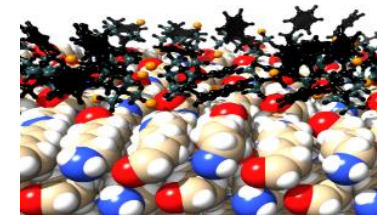
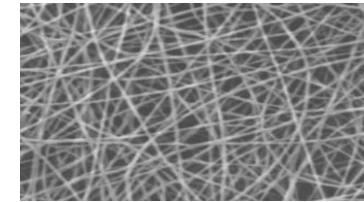
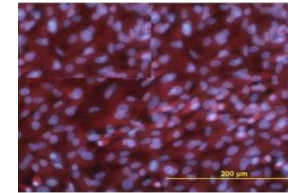


# NANOMATERIÁLY PRO ŠIROKOU ŠKÁLU APLIKACÍ

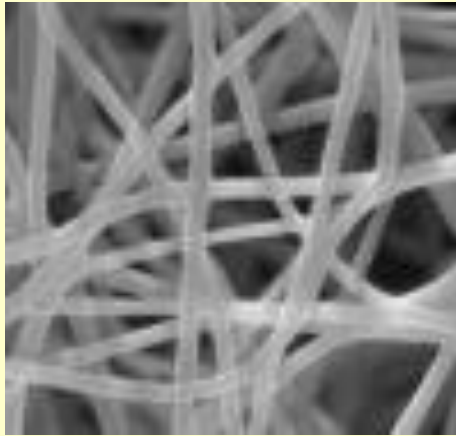
*PŘF UJEP: PAVLA ČAPKOVÁ ♣ JAKUB HOSKOVEC ♣ PETR RYŠÁNEK ♣ MICHAL SYROVÝ*

*FŽP UJEP: PAVEL JANOŠ ♣ JIŘÍ ORAVA ♣ JIŘÍ HENYCH*

*[Kontakt: pavla.capkova@ujep.cz](mailto:pavla.capkova@ujep.cz)*

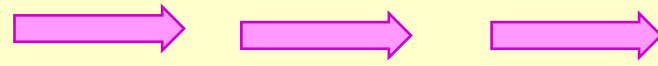


# NANOVLÁKENNÉ MEMBRÁNY PRO SPECIFICKÉ FUNKCE

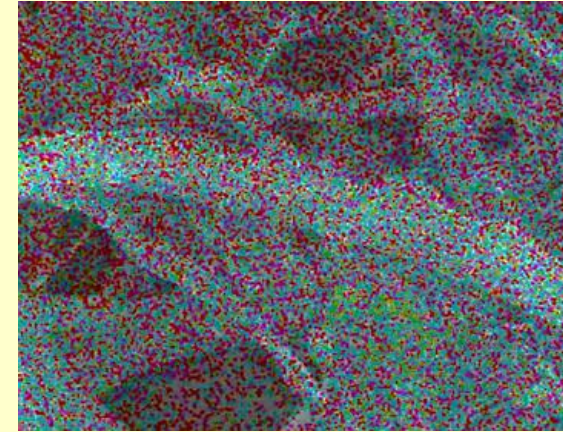


NANOVLÁKENNÉ STRUKTURY

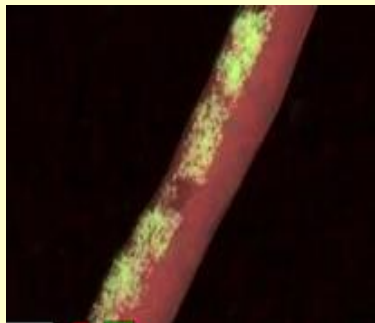
CHEMICKY MODIFIKUJEME



funkční nanopovrchy

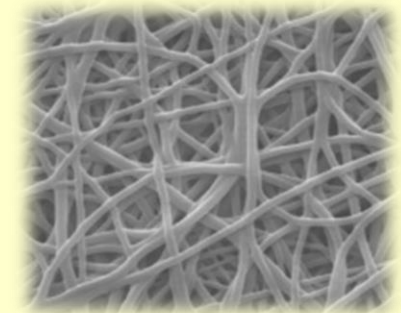


Chemické modifikace povrchů podle funkcionality: ♣ Nanočástice kovů; ♣ Nanočástice oxidů kovů; ♣ Antimikrobiální látky ; ♣ Léčiva; ♣ Látky pro selektivní sorpce plynů .....

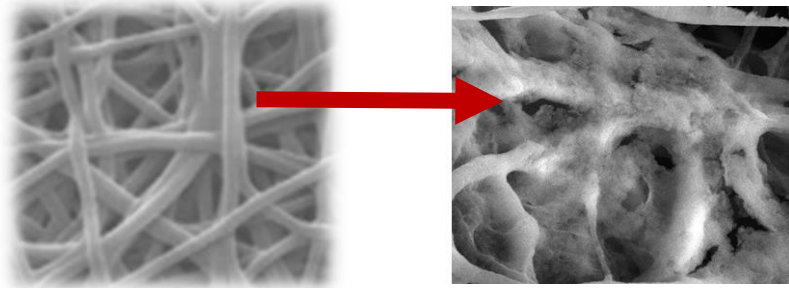


?????? PROČ MODIFIKOVAT NANOVLÁKENNÉ POVRCHY ???????

- Nanovláknenná membrána větší povrchy
- Nanoporozita  $\Rightarrow$  Vzdušná permeabilita
- Membrána je samonosná  $\Rightarrow$  Snadný design funkčních jednotek



## FUNKCIONALIZACE POVRCHŮ NANOVLÁKENNÝCH MEMBRÁN

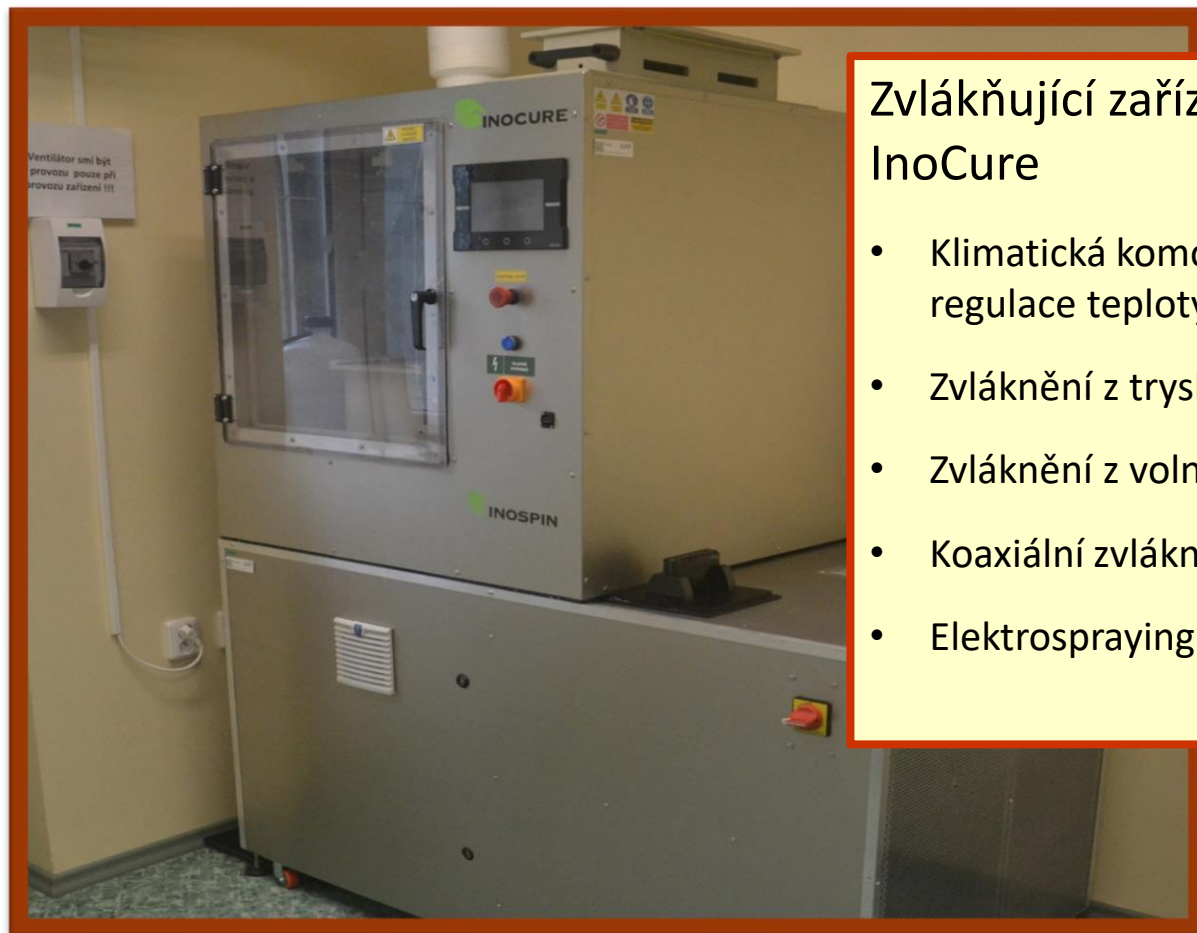


- Modifikující látka je rozpuštěna přímo ve zvlákňujícím roztoku
- Následná chemická modifikace nanovláken – po spinningu
- Modifikace po spinningu – plazmová/UV aktivace povrchů a následná chemická modifikace

### Funkce nanovláknenných membrán

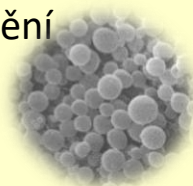
- Antimikrobiální nanovláknenné membrány pro vzdušné filtrace
- Regenerovatelné nanovláknenné membrány pro selektivní záchyt plynů a jejich zpětné využití - CO<sub>2</sub> - H<sub>2</sub> - (Metán v přípravě)
- Kompozitní nanovláknenné membrány pro degradace toxických obtížně rozložitelných látek – pesticidy, cytostatika a nervové plyny..... (ochranné masky)
- Chemické modifikace – nanopovrchy pro biomedicínské aplikace (kultivace tkání, krytí ran....)
- Nanovláknenné – nanokompozitní separační membrány pro Li-baterie
- Nanovláknenné membrány chemicky modifikované pro katalytické aplikace

# UJEP nanovláknenná laboratoř na PŘF UJEP



## Zvlákňující zařízení firmy InoCure

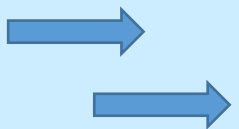
- Klimatická komora s možností regulace teploty a vlhkosti
- Zvláknění z trysky
- Zvláknění z volné hladiny (z hrany)
- Koaxiální zvláknění
- Elektrospraying



# Charakterizace nanovláknenných membrán

Napěťový test mechanických vlastností

Testery vzdušné a kapalinové propustnosti nanovláknenných membrán



**Další analytické metody pro charakterizaci membrán:**

- ♣ XPS spektroskopie pro charakterizaci povrchů,
- ♣ HRSEM, TEM mikroskopie
- ♣ difrakce

**Testy funkčnosti nanovláknenných membrán:**

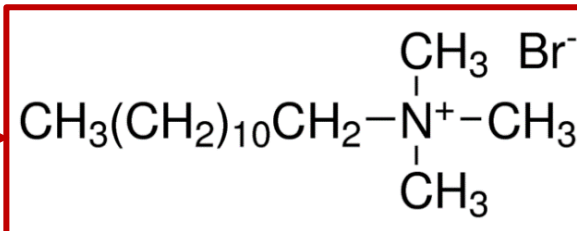
- Antimikrobiální aktivita
- Sorpční kapacita plynů
- Test fotokatalytické aktivity (ve výstavbě)
- Stabilitu modifikovaných povrchů

Air filtration tests  
(J. Štojdl z FŽP)



# Antimikrobiální nanovláčkové membrány pro čističky vzduchu

Nanovláčkové membrány na bázi  
PA6 a PVDF + kvarterní amoniové soli;  
optimální Dodecyltrimethylamonium bromide (DTAB) →

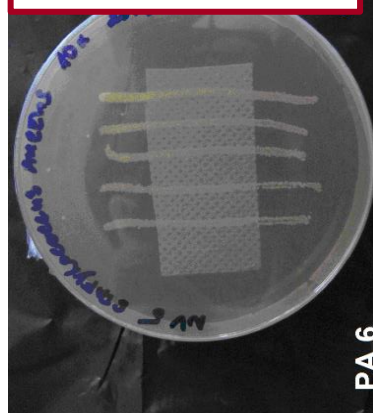


Testováno na 7 typech bakterií:

<i>Staphylococcus epidermidis</i>
<i>Proteus mirabilis</i>
<i>Enterobacter cloacae</i>
<i>Klebsiella pneumoniae</i>
<i>Streptococcus pyogenes</i>
<i>Enterococcus faecalis</i>
<i>Staphylococcus aureus</i>

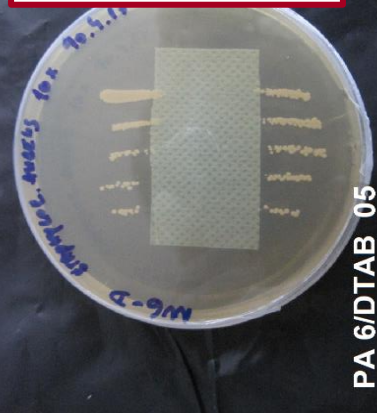
Standardní antimikrobiální test – 5 linií *Staphylococcus aureus*

Přiložena čistá PA6  
membrána



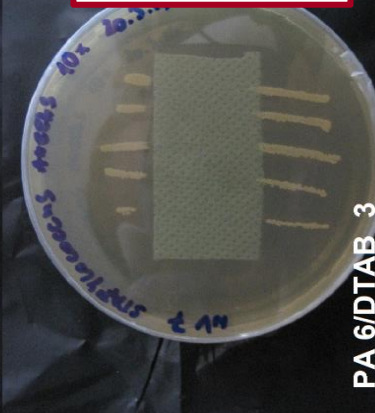
PA 6

PA6 membrána  
0,5% DTAB



PA 6/DTAB\_05

PA6 membrána  
3% DTAB



PA 6/DTAB\_3

Stabilita funkčnosti

Air filtration tests  
(J. Štojdl z FŽP)



P. Ryšánek, M. Malý, P. Čapková et al. : Antibacterial modification of nylon-6 nanofibers: structure, properties and antibacterial activity; J. Polym Res (2017) 24:208

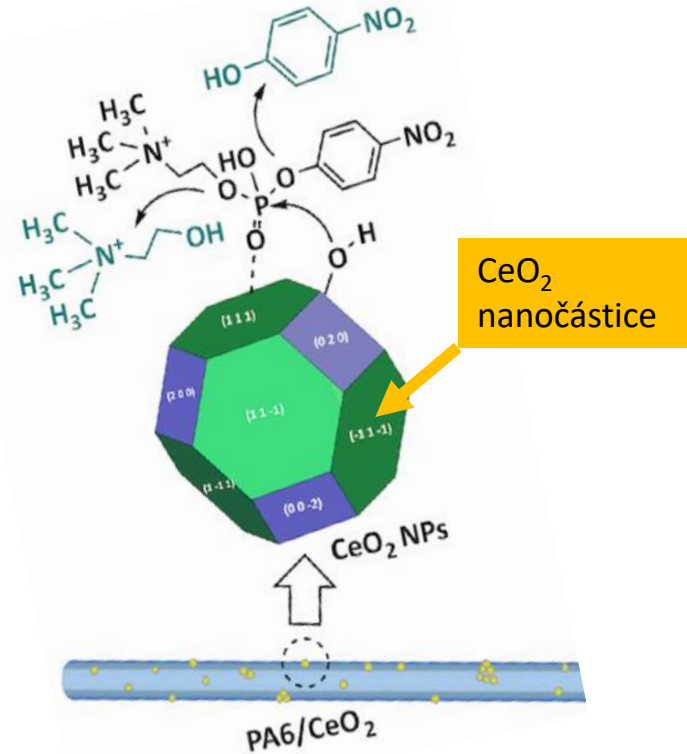
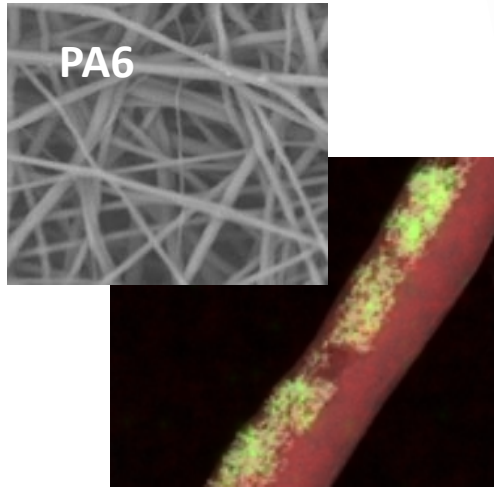
Patent: CZ 306831, B6 2016

# Degradace toxických obtížně rozložitelných polutantů

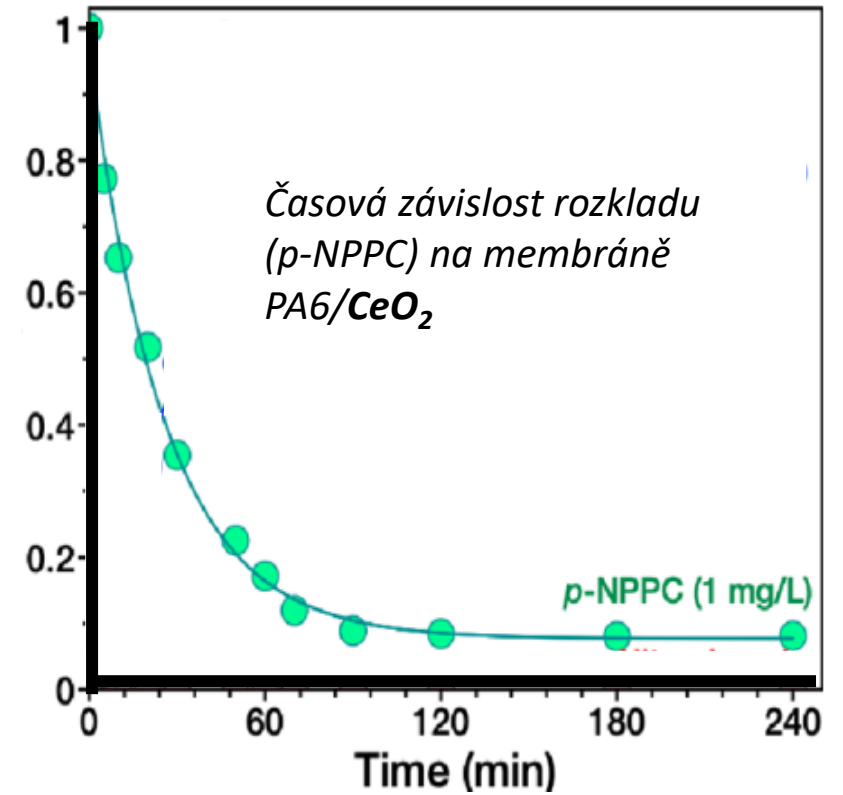
## Membrána PA6 modifikovaná nanočásticemi CeO<sub>2</sub>

Testováno na rozkladu phosphodiesterů

*p*-nitrophenyl phosphorylcholine (*p*-NPPC)



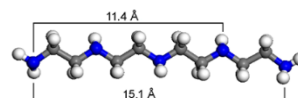
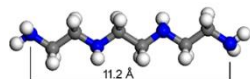
J. Henych, P. Ryšánet et al.: Electrospun PA6 Nanofibers Bearing the CeO<sub>2</sub> Dephosphorylation Catalyst; ACS Omega 2023, 8, 29, 26610–26618



# Membrány pro záchyt CO<sub>2</sub>

Nanovláknenné membrány polyacrylonitrile (PAN) a polyuretan – Larrithane (PUR), modifikované aminy:

Modifikující aditiva: Triethylene-tetramine (TETA) a tetraethylene-pentamine (TEPA) přímo ve zvláknějícím roztoku



Sample	Wire spinning		
	Mean diameter [nm]	Mean air permeability [l/m <sup>2</sup> /s]	CO <sub>2</sub> sorption capacity [cm <sup>3</sup> /g]
One-step technology			
PUR_TEPA_5%	165±45	0.02	14,0 ± 1.2
PAN_TETA_2%	350 ± 150	53.0	11.5 ± 1.2
PAN_TEPA_2%	400 ± 200	48.3	11.7 ± 1.2

Optimalizace parametrů:  
Sorpční kapacita X vzdušná permeabilita

**Práškové materiály** – uhlíkaté nanomateriály zpyrolyzované mají cca 6x vyšší sorpční kapacitu než modifikovaná membrána;  
**Ale** design funkční jednotky vyžaduje další technologické kroky!!!

- M. Syrový, P. Čapková, et al.: A simple one-step electrospinning technology in manufacturing PAN/amine nanofibrous membranes for CO<sub>2</sub> sorption; *J. Industr. Textiles*, 53 (2023) 1-21
- J. Hoskovec, P. Čapková et al.: Permeable Membranes PUR/TETA and PUR/TEPA for CO<sub>2</sub> Capture Prepared with One-Step Electrospinning Technology; *Fibers*, 10, 2022, 100

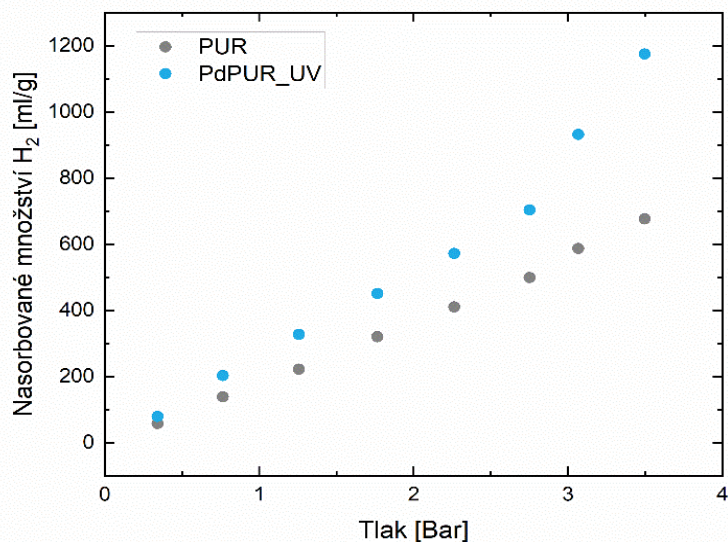


## Regenerovatelná membrána pro záchyt vodíku:

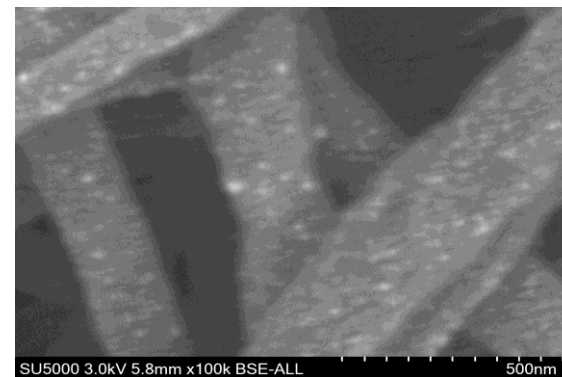
2 způsoby sorpčních testů:

(1) Sorpce vodíku do 4 barů byla stanovena pomocí samostatně vyvinutého dvoukomorového tlakového aparátu fungující podle metody „pressure-decay“ (VŠCHT).

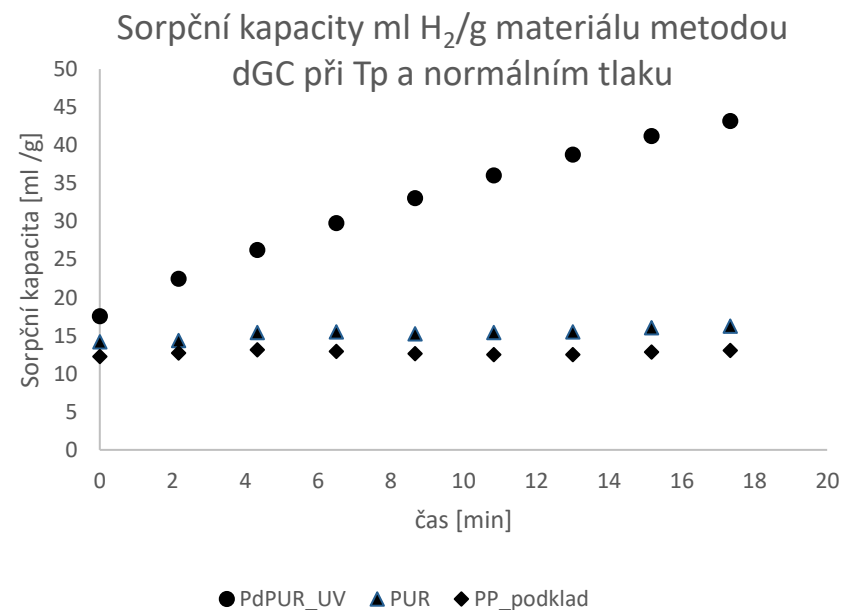
Závislost sorpční kapacity  $H_2$  na tlaku



PUR - membrána modifikovaná po spinningu a po UV aktivaci nanočásticemi Pd



(2) Časový průběh sorpce  $H_2$  měřený metodou dynamické plynové chromatografie (dGC) s externí celou.



**Projekty v přípravě:**

**Katalytické membrány:**

**Membrány s duální funkcí – záchyt CO<sub>2</sub> a jeho konverze na metán/metanol**

**DĚKUJI ZA POZORNOST !!!!!**