

HLADINOVÉ KOAXIÁLNÍ ZVLÁKŇOVÁNÍ PRO MASIVNÍ PRODUKCI NANOVLÁKEN DRUHÉ GENERACE

Buzgo M.^{1,3,4}, Vysloužilová L.², Míčková A.^{1,3,4}, Benešová J.^{1,3,4},
Pokorná H.^{1,3,4}, Lukáš D.², Amler E.^{1,3,4}

1 Fakulta biomedicínského inženýrství, ČVUT Kladno

2 Katedra netkaných textílií, TUL Liberec

3 Ústav biofyziky, 2. LF UK, Praha

4 Ústav experimentální medicíny AV ČR, v.v.i., Praha

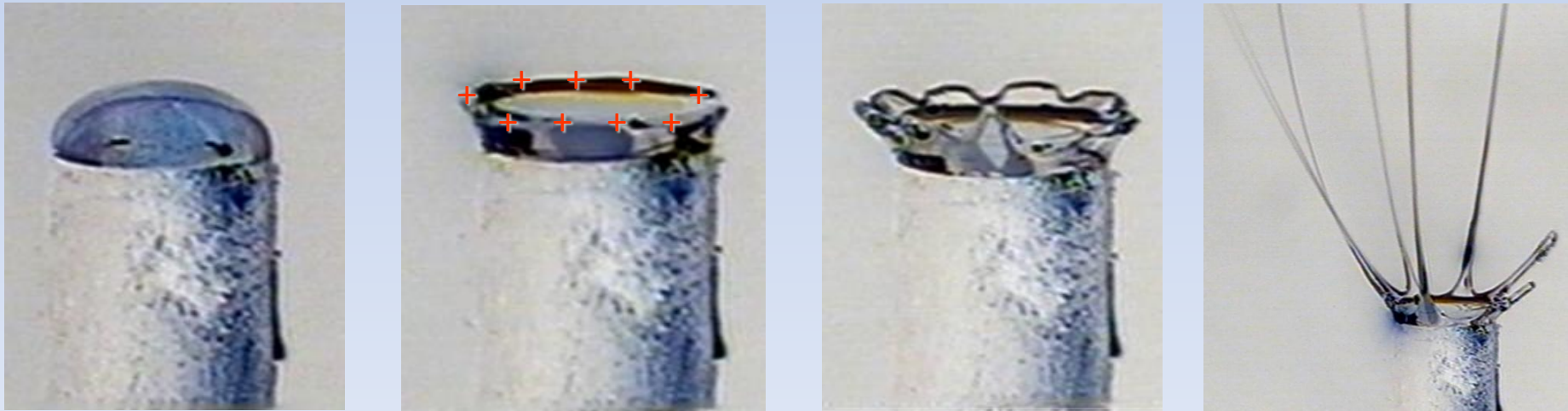
Elektrostatické zvlákňování

Základní sestava pro elektrostatické zvlákňování:

zvlákňovací elektroda, kolektor, zdroje vysokého napětí (0-100 kV)

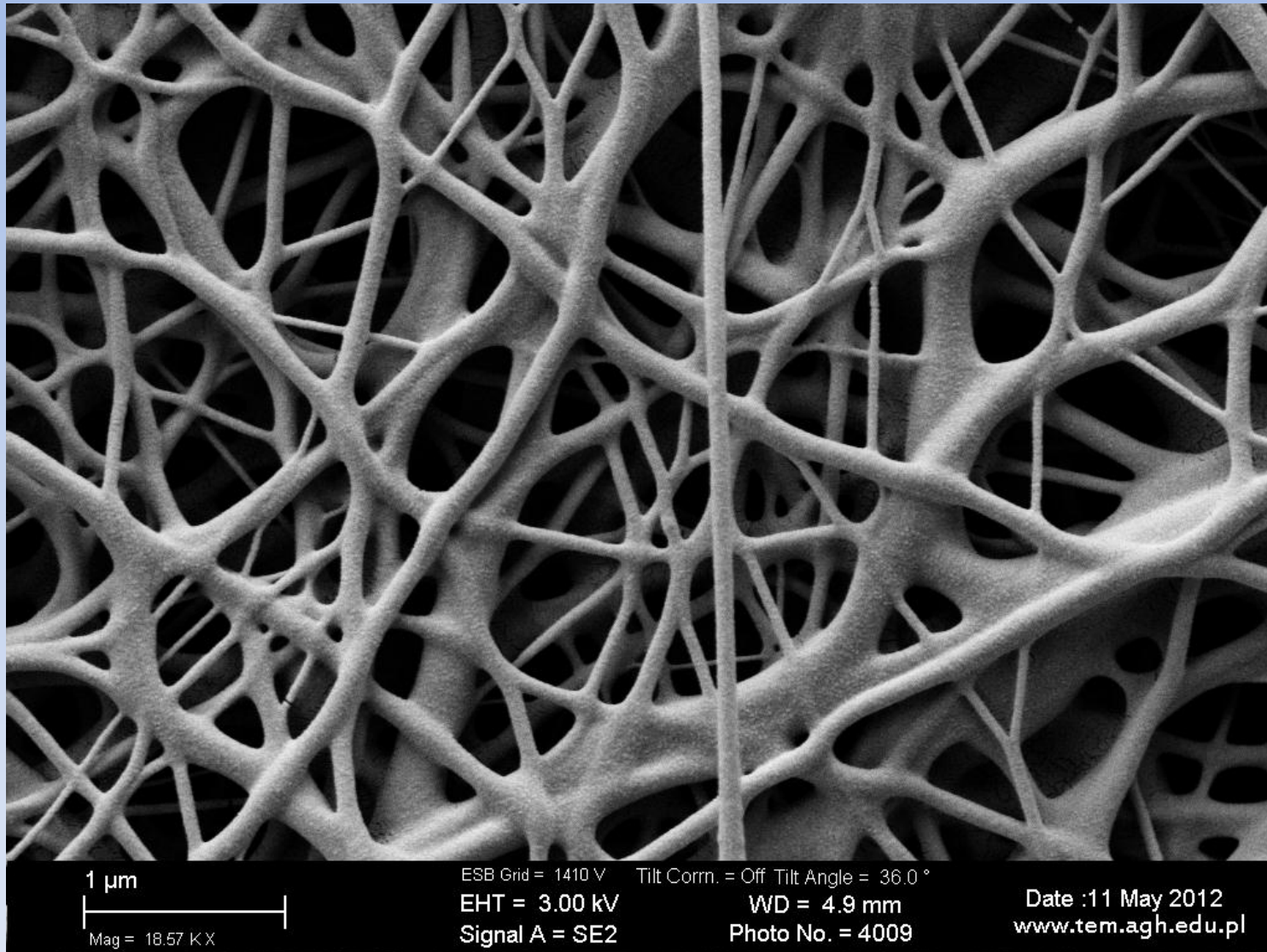
Princip procesu:

- polymerní roztok v silném elektrickém poli = náboj na povrchu
- elektrostatické síly vs. povrchové napětí
- Při rovnováze → Taylorův kužel
- Po překonání povrchového napětí → vláknenné trysky → uvolnění kapiček
- Elongace kapičky a odpaření rozpouštědla ve fázi letu → suché vlákna



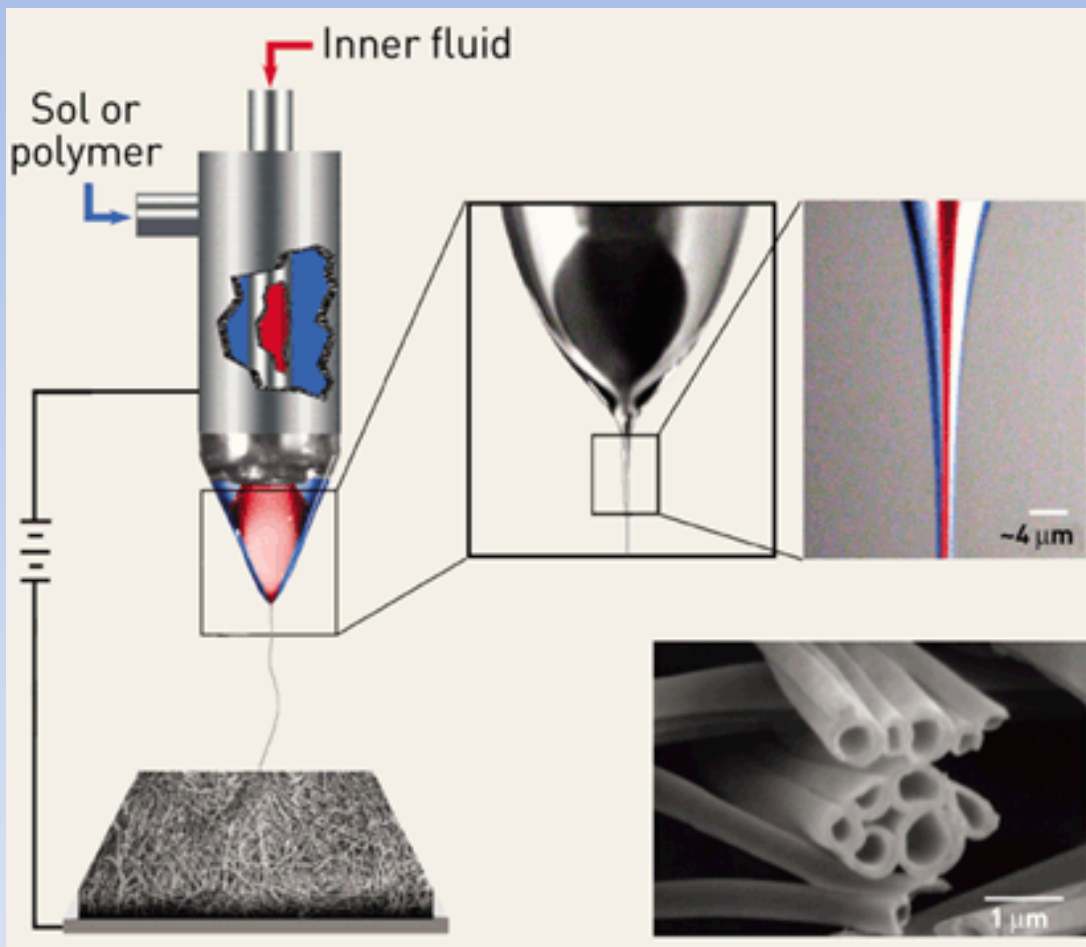
Převzato a upraveno dle Lukáš et al. Physical principles of electrospinning.

Nanovláknenná textílie

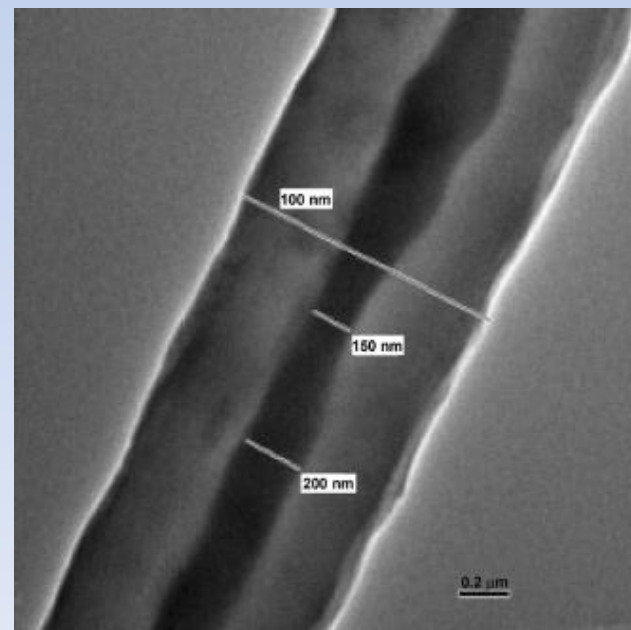


PCL nanovláknna vizualizované pomocí SEM

Koaxiální elektrostatické zvlákňování

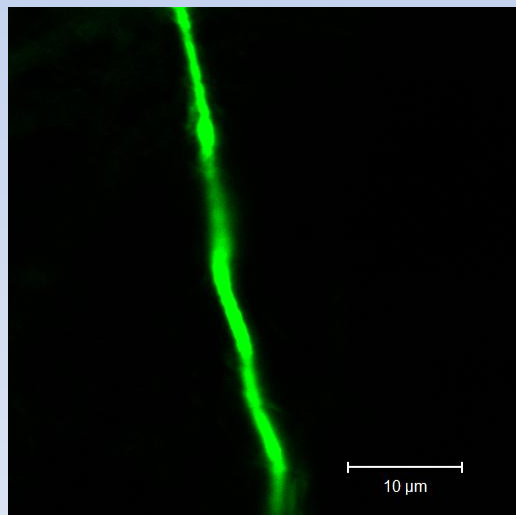
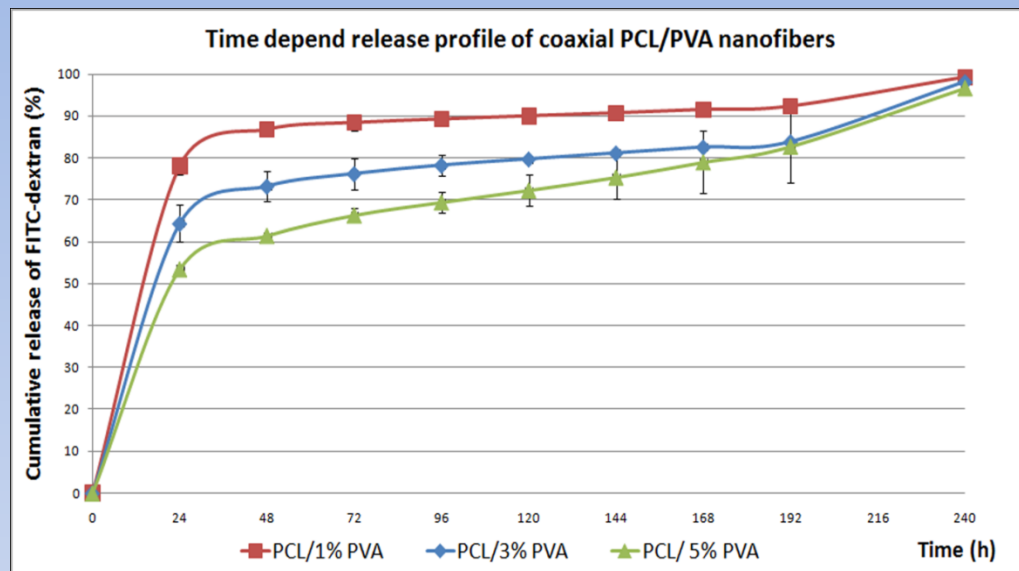


- Elektroda složená z dvou koaxiálně složených kapilár
- Nanovlákná typu jádro/obal
- Jádro a obal tvořené stejnými nebo různými polymery

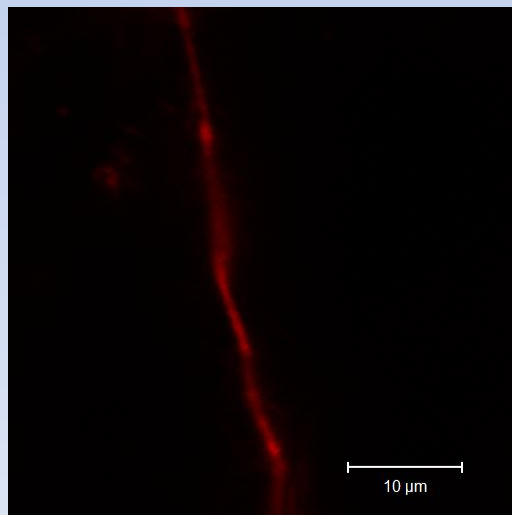


Koaxiální nanovlákná a dodávání látek

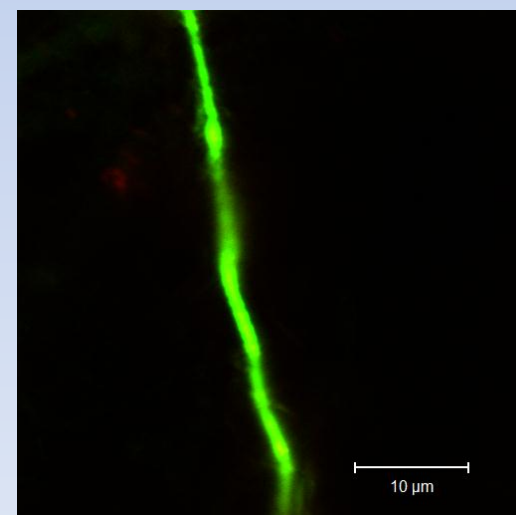
- Inkorporace aktivních látek: léčiva, proteiny, DNA, buňky, lipozomy
 - Rozdílné látky v jádře a obalu
 - Modulace rychlosti uvolnění
- = ŘÍZENÉ DODÁVÁNÍ LÁTEK**



Signál obal PCL (FITC-dextran)

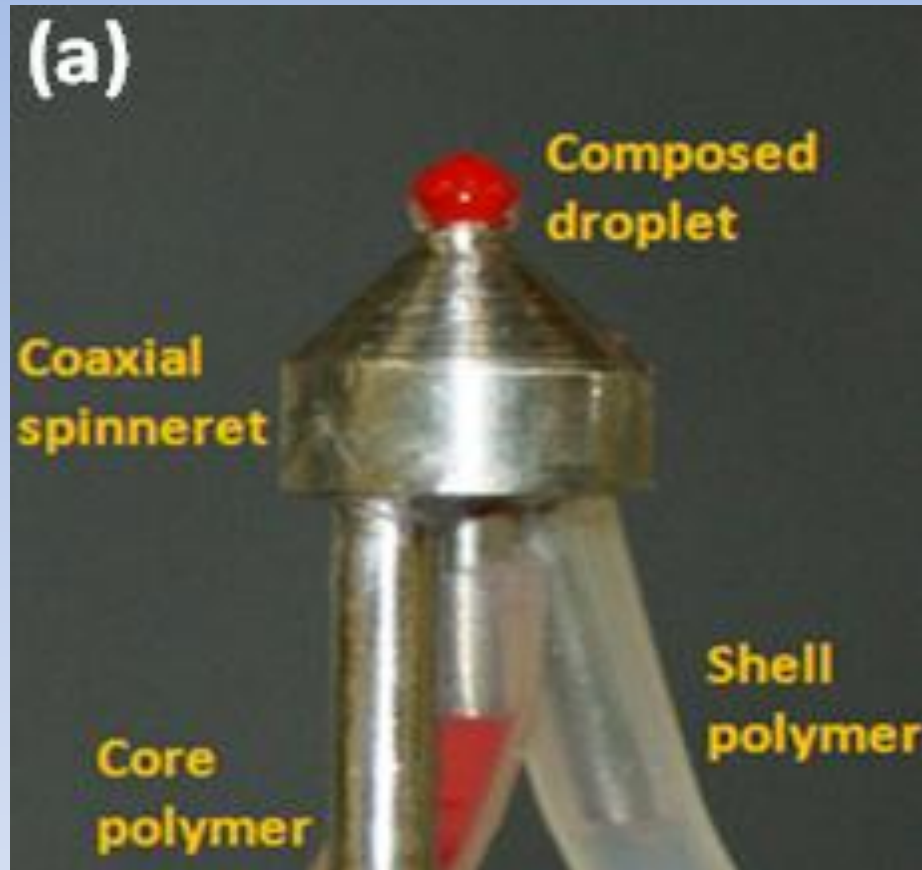


Signál jádro PVA (IgG-PE-AF700)



Merge

Jehlové koaxiální zvlákňování



Zvlákňovací elektroda tvořená dvojicí koaxiálně upořádaných jehel.



Limitace

- Omezená produkční kapacita = jedna vlákenná tryska
- Nehomogenita vrstvy

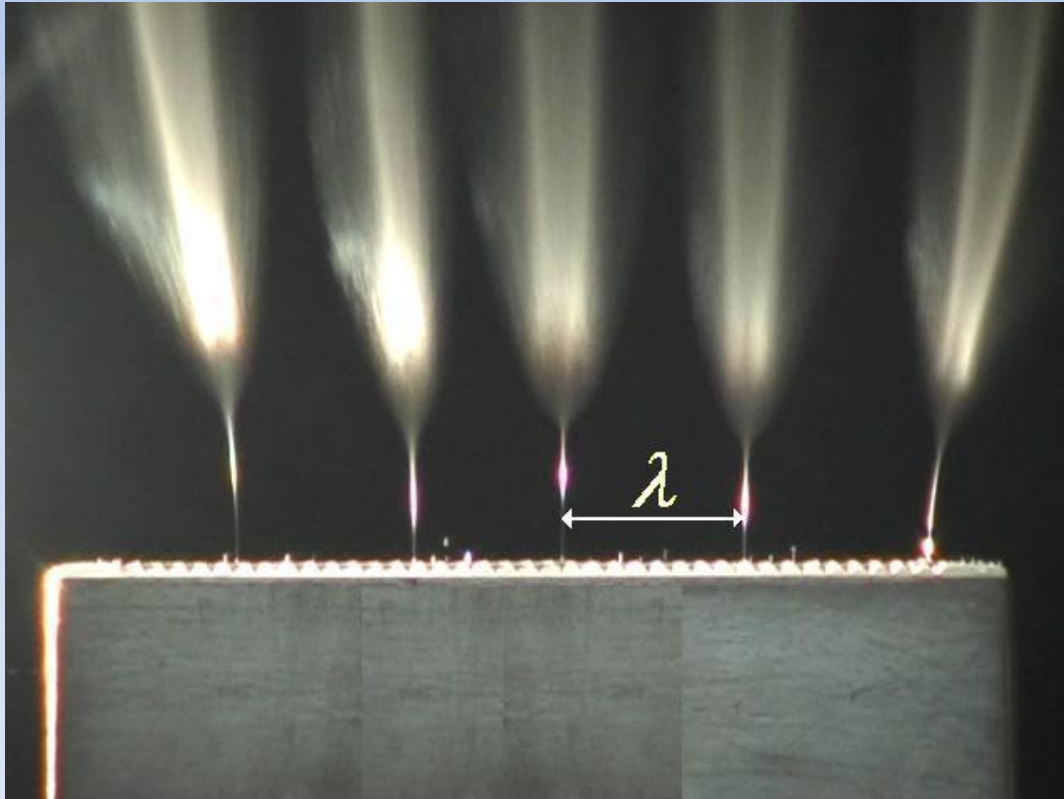
Metoda neumožňuje produkci vláken pro aplikace

Řešení = hladinové zvlákňování

Samoorganizace trysek na hladině

Optimální vzdálenost

Počet trysek závislý na délce elektrody a zvlákňovacích podmínkách



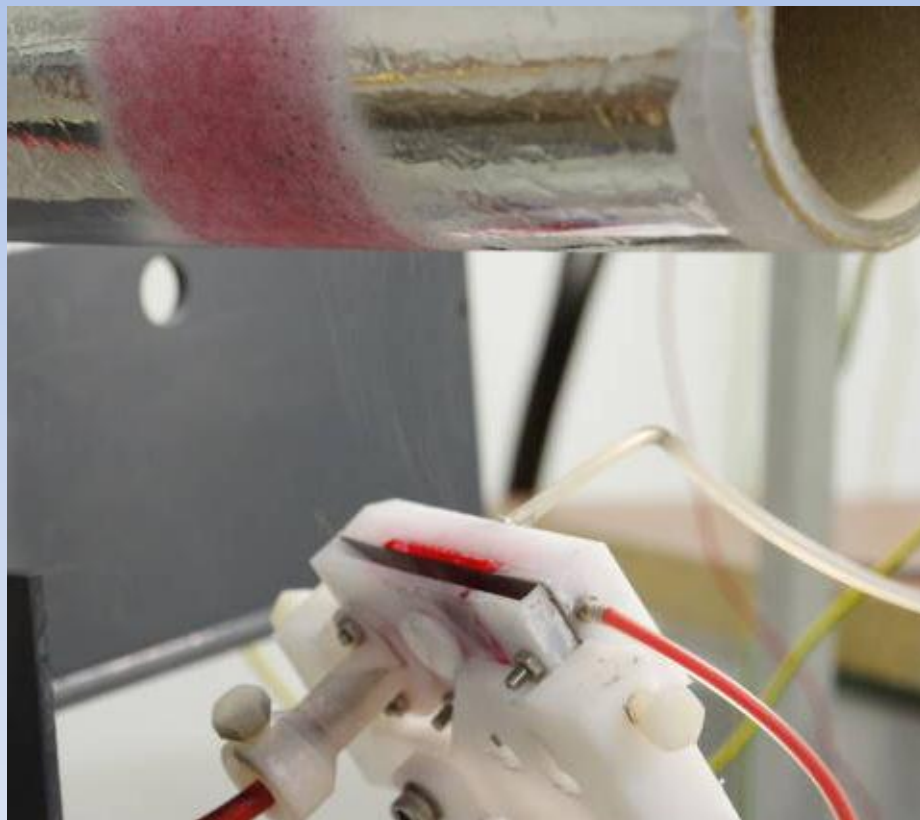
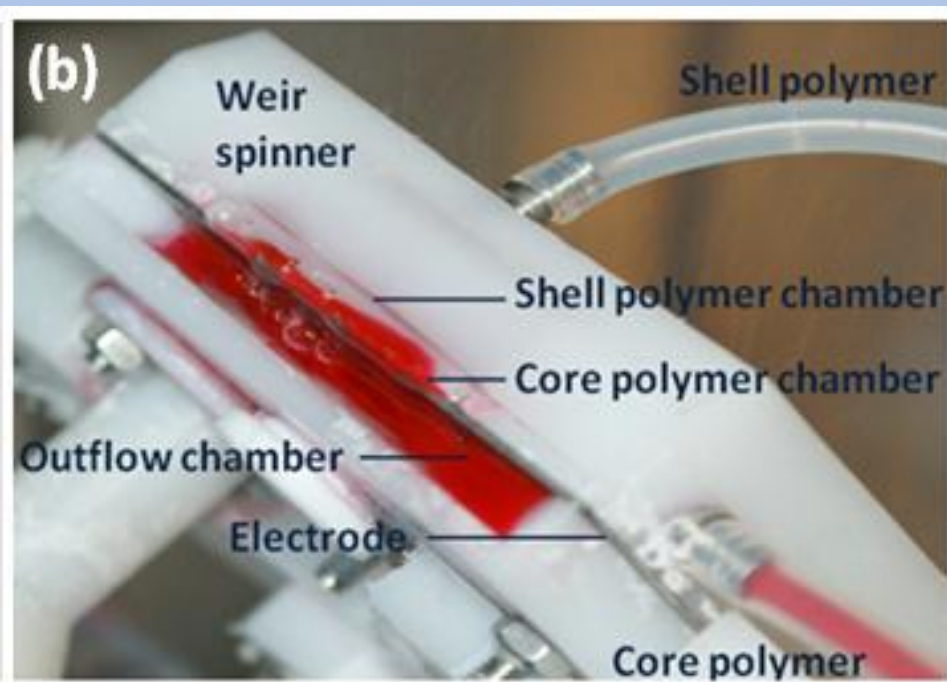
Převzato od Prof. Lukáša

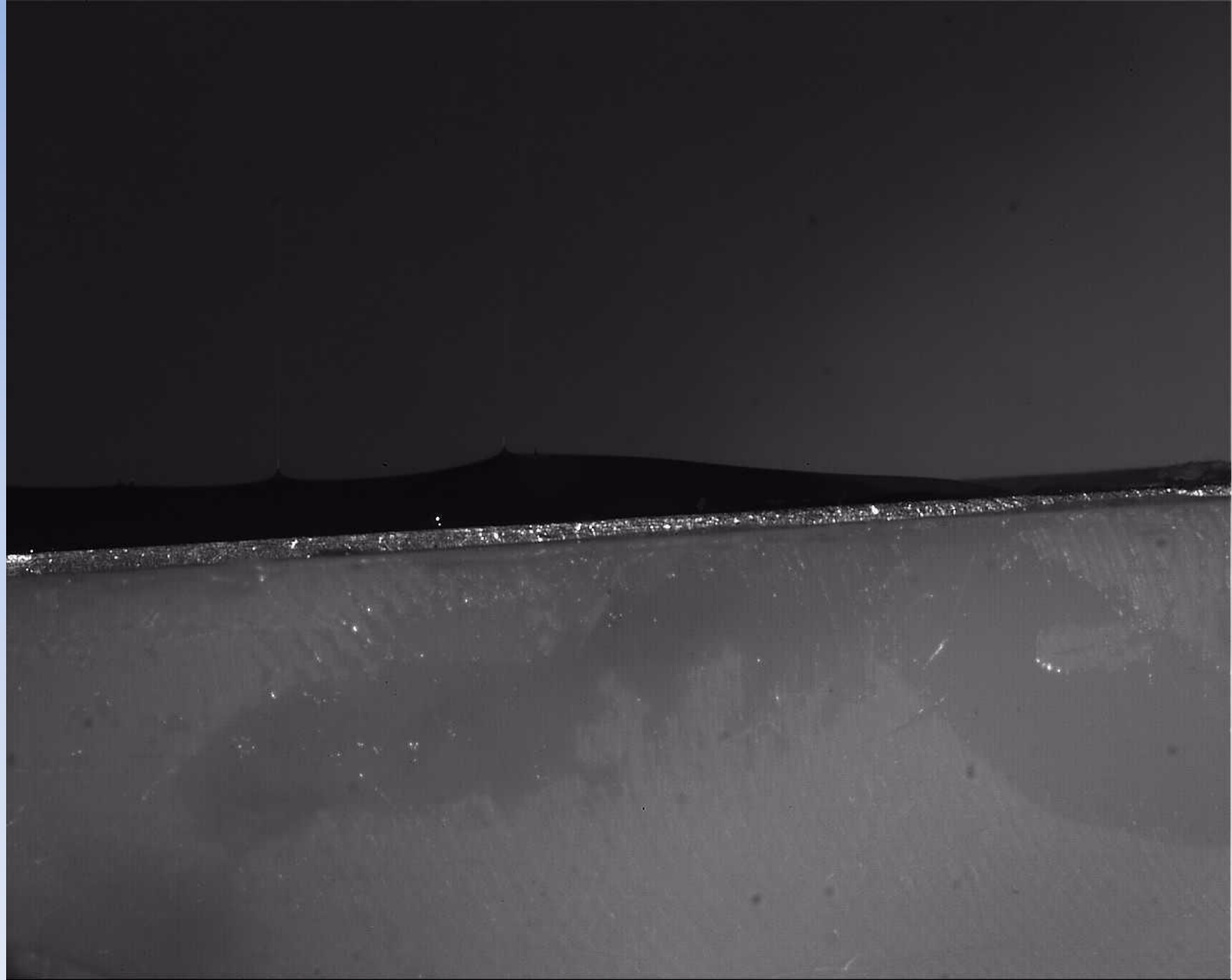


Převzato od ELMARCO

Hladinové koaxiální zvlákňování

Využívá systému dvou šterbin pro tvorbu kompozitní polymerní vrstvy. Pracuje na principu zvlákňování z hladiny.



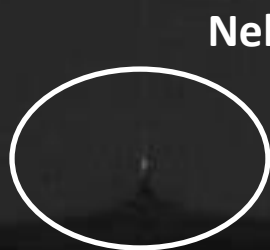


Hladina vs. jehla

	Počet Taylorových kuželů	Průtok	Průměrná tloušťka vláken
Jehlové koaxiální zvlákňování	1	Obal (4ml/h), Jádro (2.5ml/h)	330±60nm
Hladinové koaxiální zvlákňování	40 ± 8	Obal (12ml/h), Jádro (8ml/h)	270±60nm

Za použití systému došlo k řádovému nárůstu počtu Taylorových kuželů a průtoků polymeru pro zvlákňování.

Jsou produkována vlákna koaxiální?



Nekoaxiální ?



Koaxiální ?



Koaxiální ?

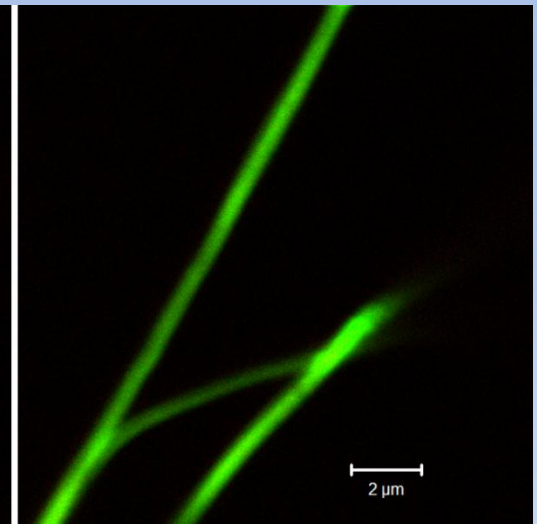
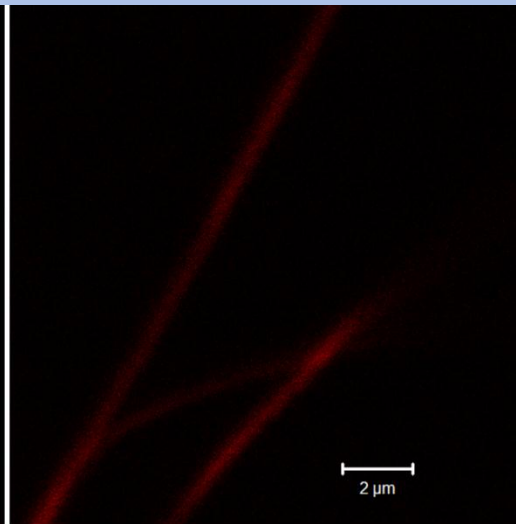
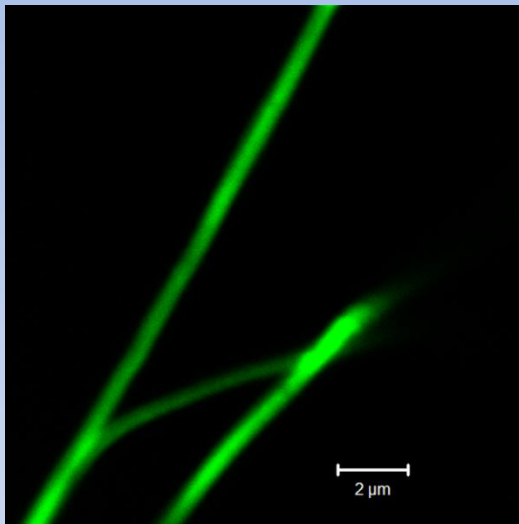
Konfokální mikroskopie

Obal (FITC-dextran)

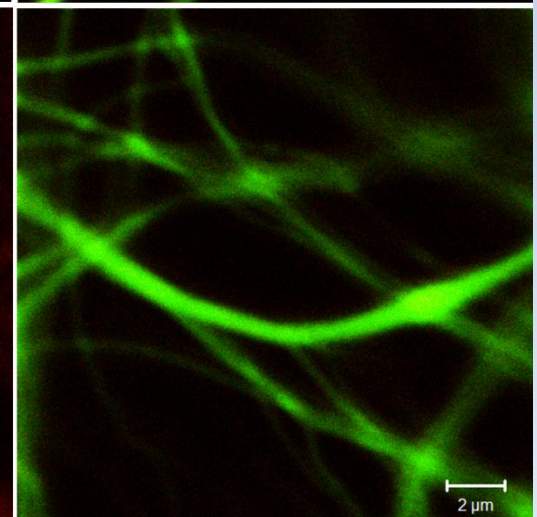
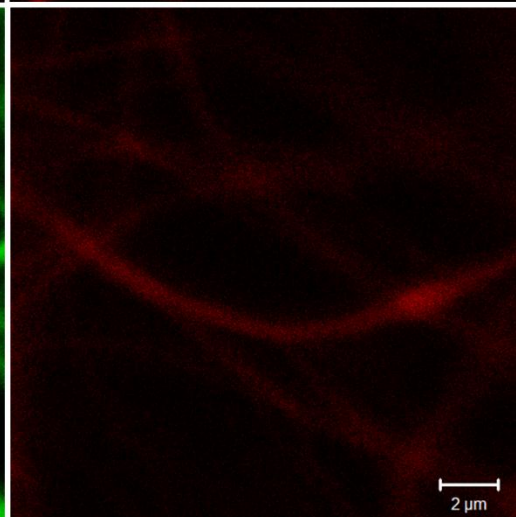
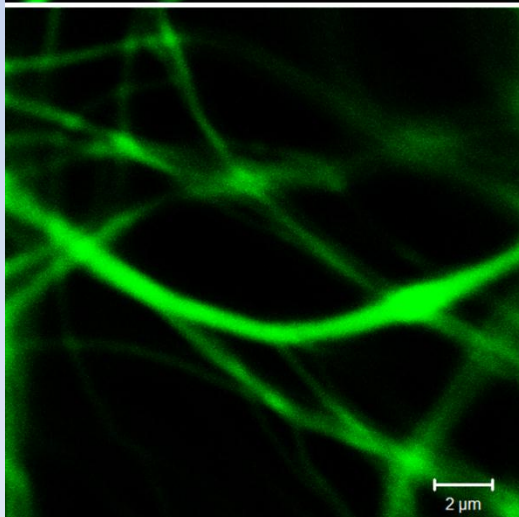
Jádro (IgG-PE-AF700)

Merge

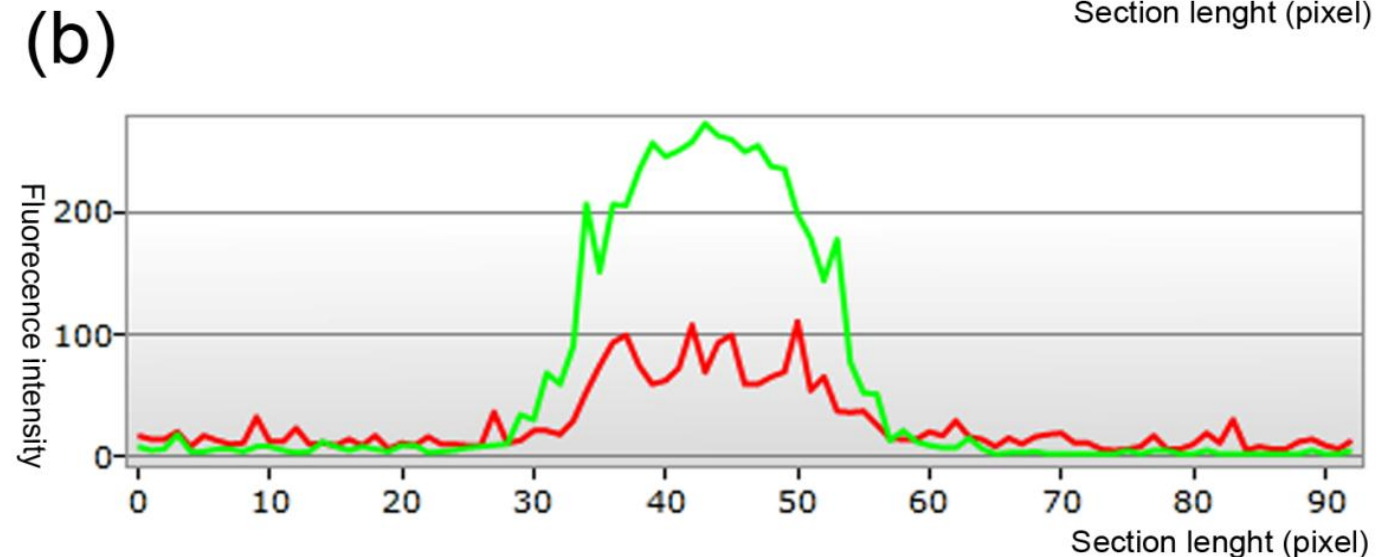
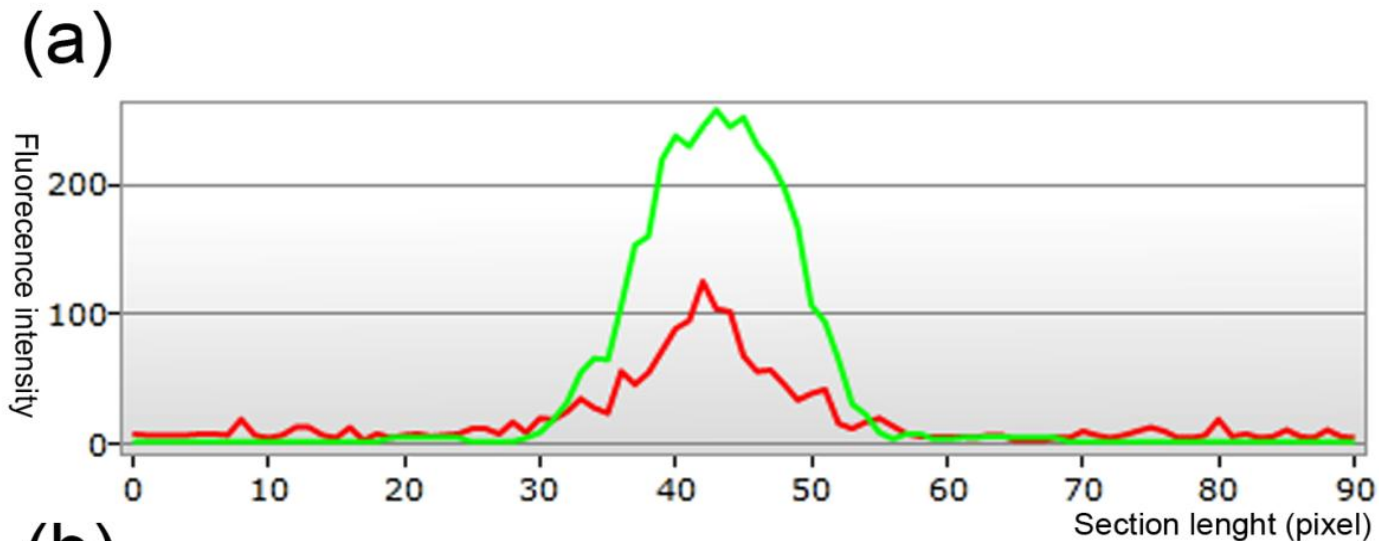
Jehlové



Hladinové



Profily intenzity fluorescence



(a) Jehlové koaxiální zvlákňování, (b) Hladinové koaxiální zvlákňování

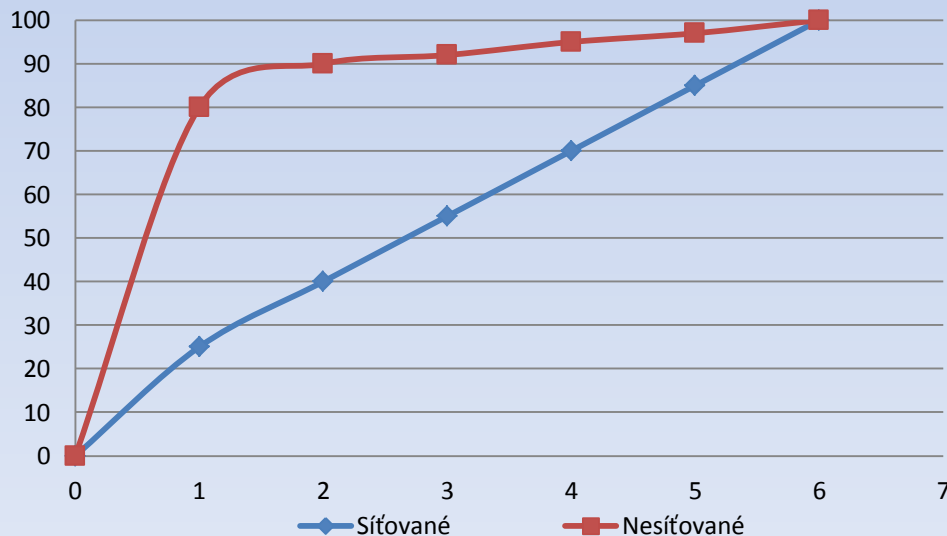
Kinetika uvolňování jako důkaz koaxiality

Kinetika uvolňování odráží složení nosiče a způsob imobilizace. Nesíťované PVA vlákna jsou rozpustná ve vodních rozpouštědlech.

EXPERIMENT:

V případě koaxiality bude docházet k změně uvolňovací kinetiky v závislosti na síťování jádrového a obalového polymeru.

Teoretická kinetika uvolnění



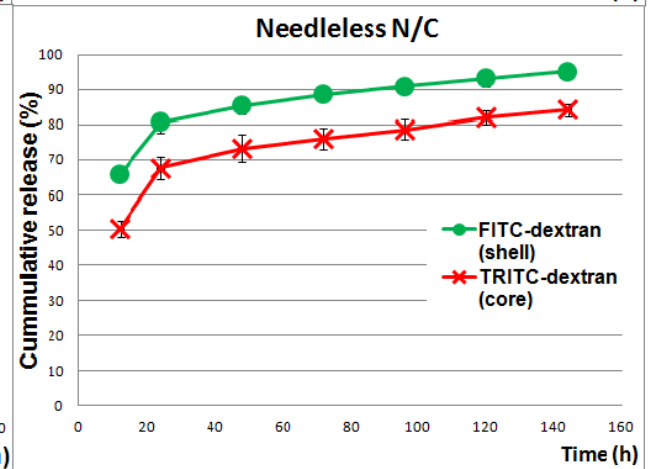
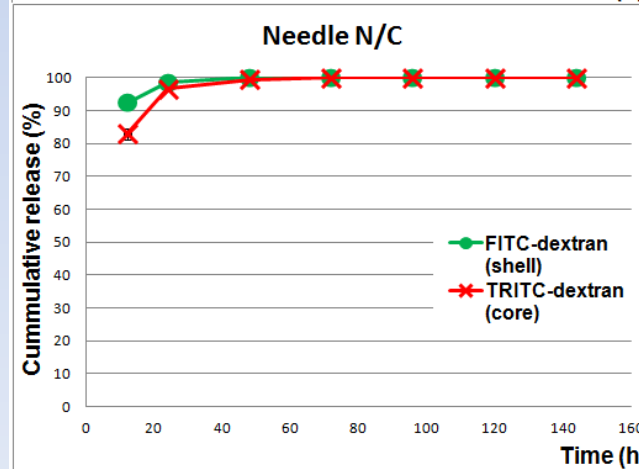
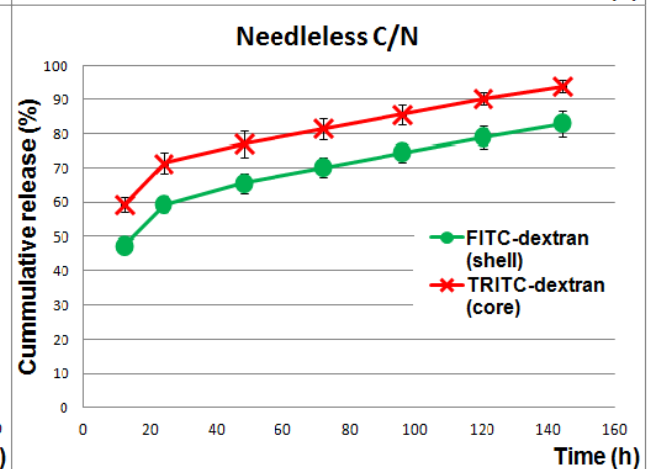
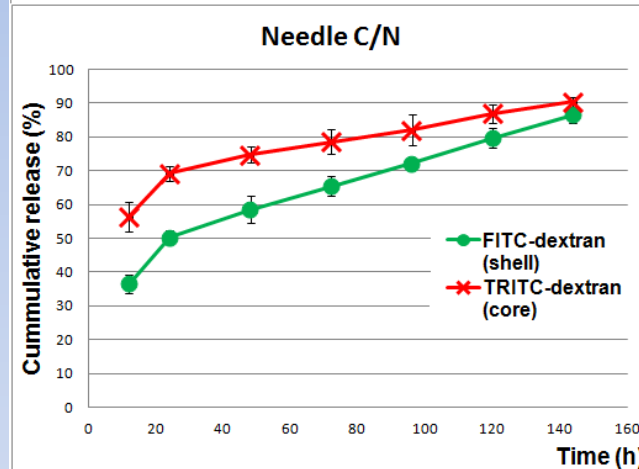
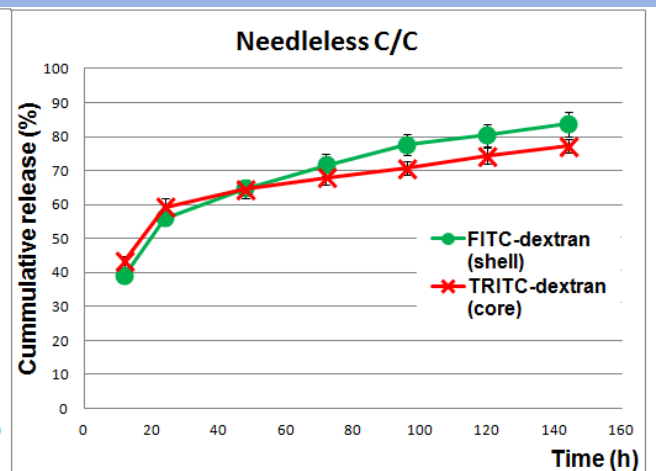
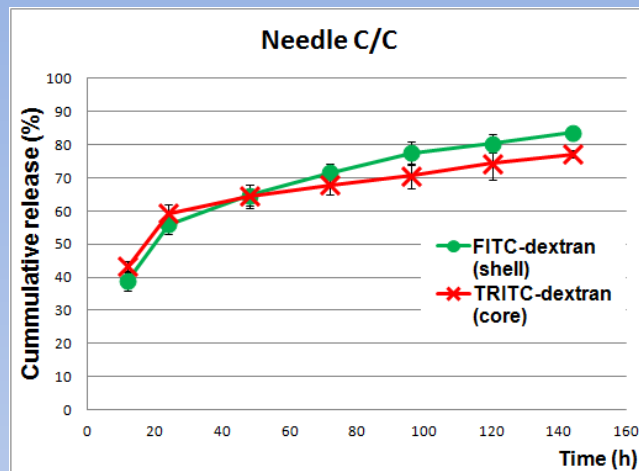
Vytvořené nosiče s různou kombinací síťování jádra a obalu.

Pro detekci inkorporované FITC-dextran do obalu a TRITC-dextran do jádra.

Uvolňovací profily

Needle = jehlová elektroda

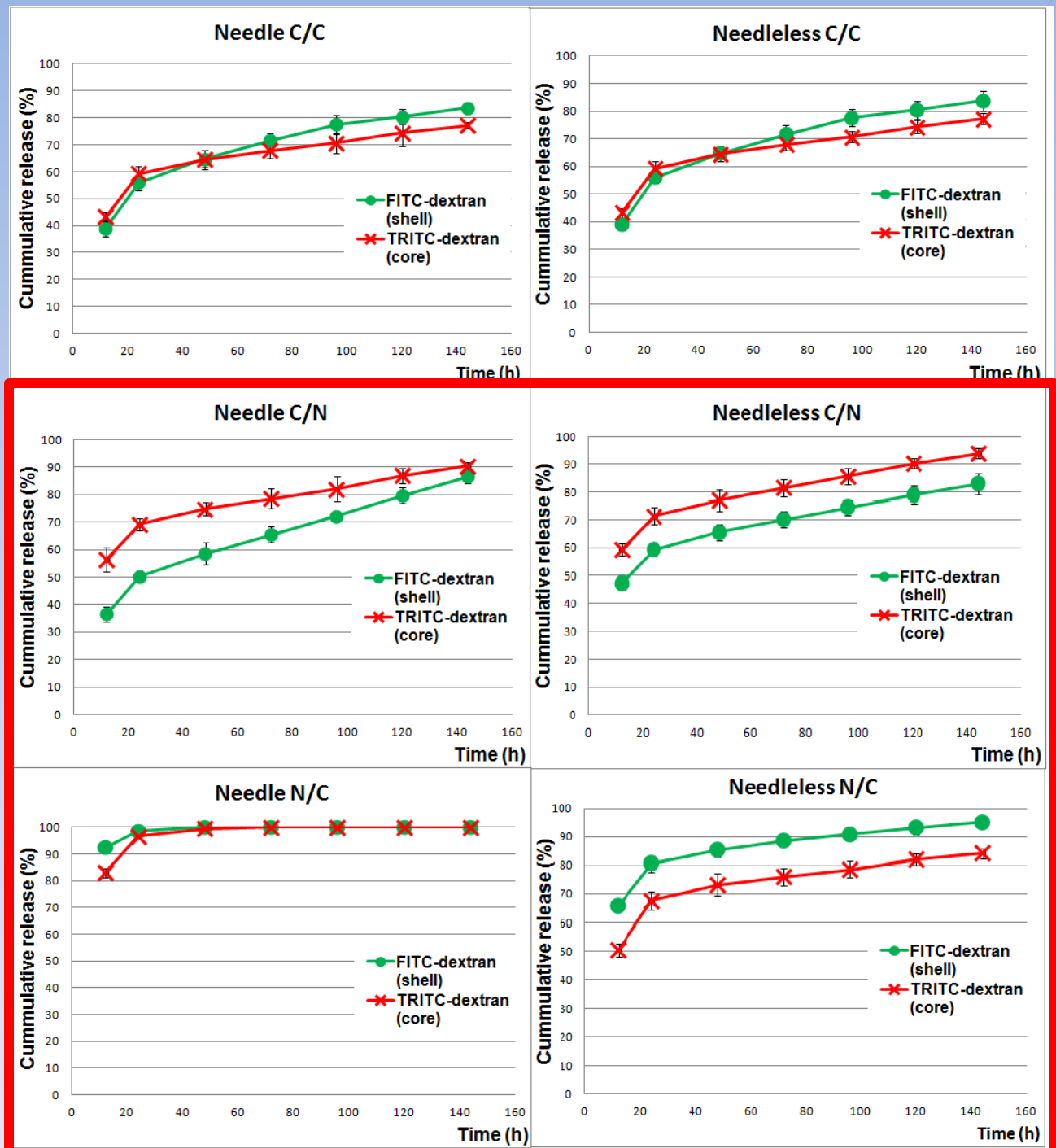
Needleless = hladnové zvlákňování



Uvolňovací profily

Needle = jehlová elektroda

Needleless = hladnové zvlákňování



Závěry a perspektivy

- Při hladinovém koaxiálním zvlákňování dochází k násobnému zvýšení počtu Taylorových kuželů a zvýšení výrobnosti
- Dochází k tvorbě kompozitních trysek nutných pro tvorbu koaxiálních vláken
- Dochází k tvorbě koaxiálních vláken
- Prokázali jsme koaxialitu 2 nezávislými metodami

Hladinové koaxiální zvlákňování je novou a zatím jedinou popsanou metodou pro masivní produkci koaxiálních nanovláken.

Perspektivy:

- Konstrukce průmyslového systému (projekt Nanoprogres)
- Eliminace nevýhod systému (optimalizace dávkování, optimalizace tvaru a parametrů komory)
- Použití v biomedicínských technologiích

Poděkování

Doc. Evžen Amler

Mgr. Andrea Míčková

Mgr. Michala Rampichová

Mgr. Eva Prosecká

Mgr. Martin Plencner

Mgr. Eva Filová PhD

Mgr. Jana Benešová

Bc. Dagmar Bezděková

Věra Lukášová

Prof. David Lukáš

Ing. Lucie Vysloužilová

Ing. Katarína Vodsedálková PhD.

Ing. Pavel Pokorný PhD.

Ing. Peter Mikeš PhD.

Ing. Jiří Chvojka

Doc. Martin Bílek

Děkuji za pozornost!