

Aplikace nanovláken

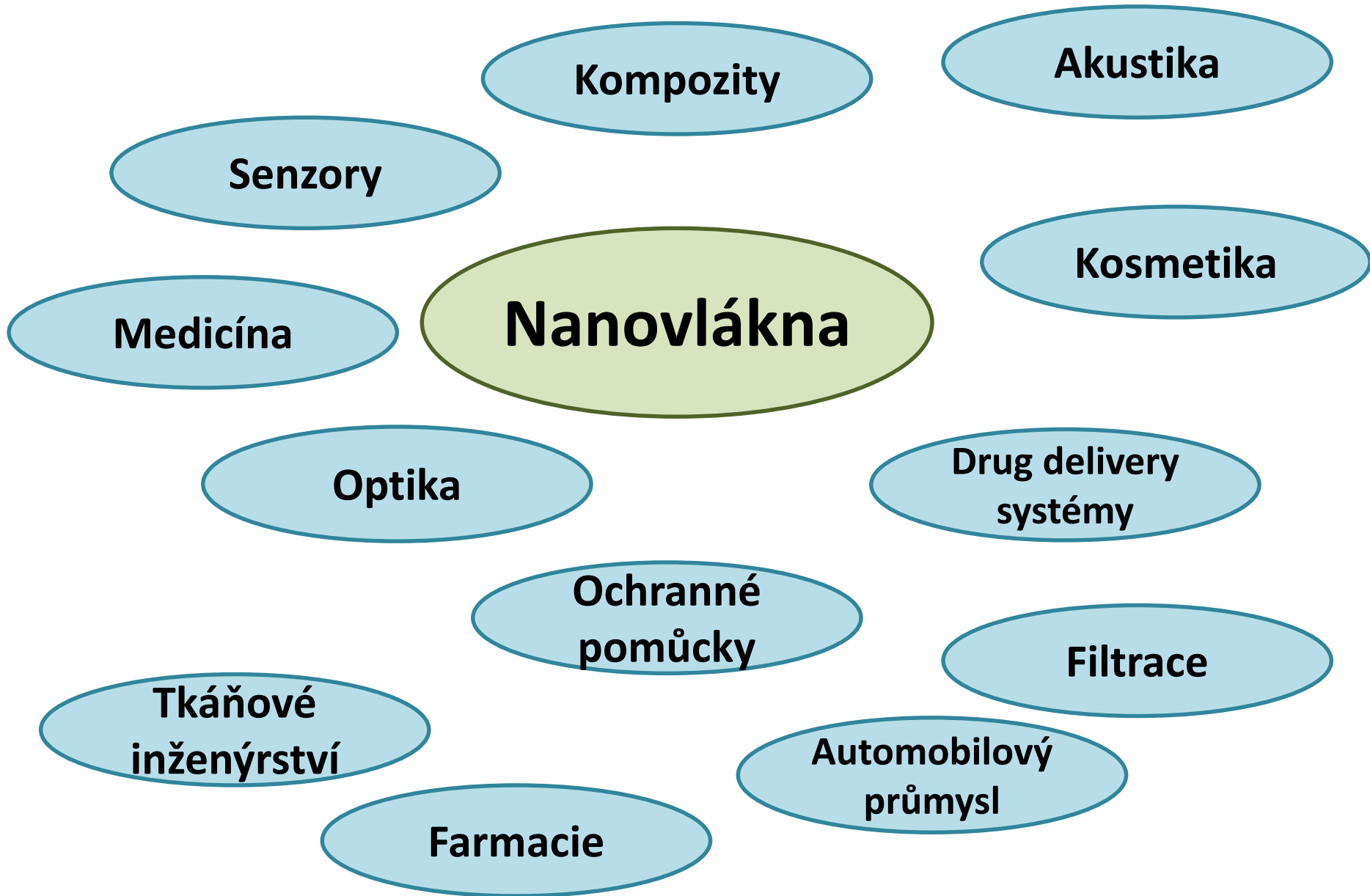
Textilní nanomateriály

Ing. Andrea Klápšťová

Katedra netkaných textilií a nanovláčkových materiálů, FT, TUL

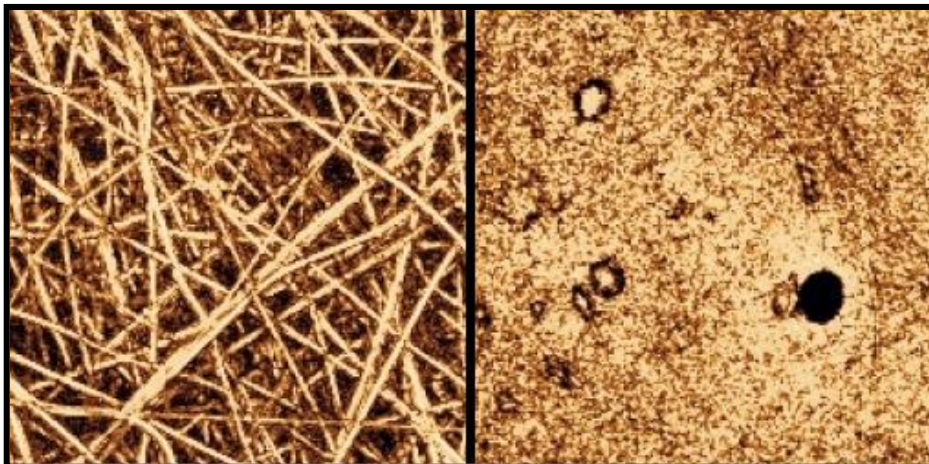


Obory působnosti

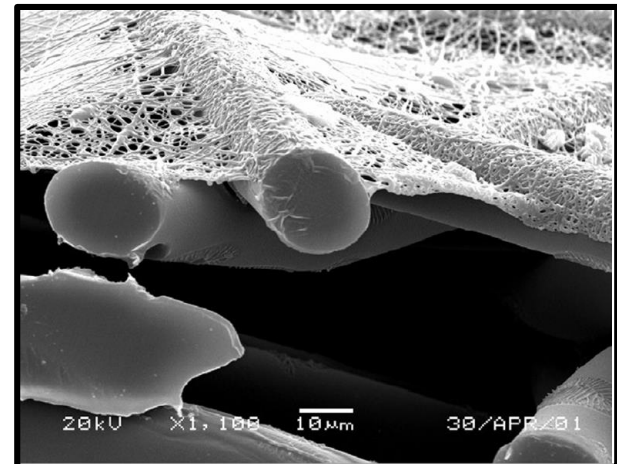


Filtrace

- Odstraňování látek z média (**vzduch** nebo **kapalina**)
- **Princip:** průchod částic přes filtr je blokován jednak na povrchu a jednak ve vnitřním prostoru mezi vlákny/nanovlákný. Menší částice pronikají do pórů, kde jsou zachytávány v síti vláken, nárazem nebo elektrostatickou přitažlivostí.
- **Účinnost filtrace:** ovlivněna fyzikální strukturou filtru (průměr vláken, struktura, tloušťka filtru, velikost pórů atd.).
- Schopnost záchytu částic souvisí s jejich velikostí!



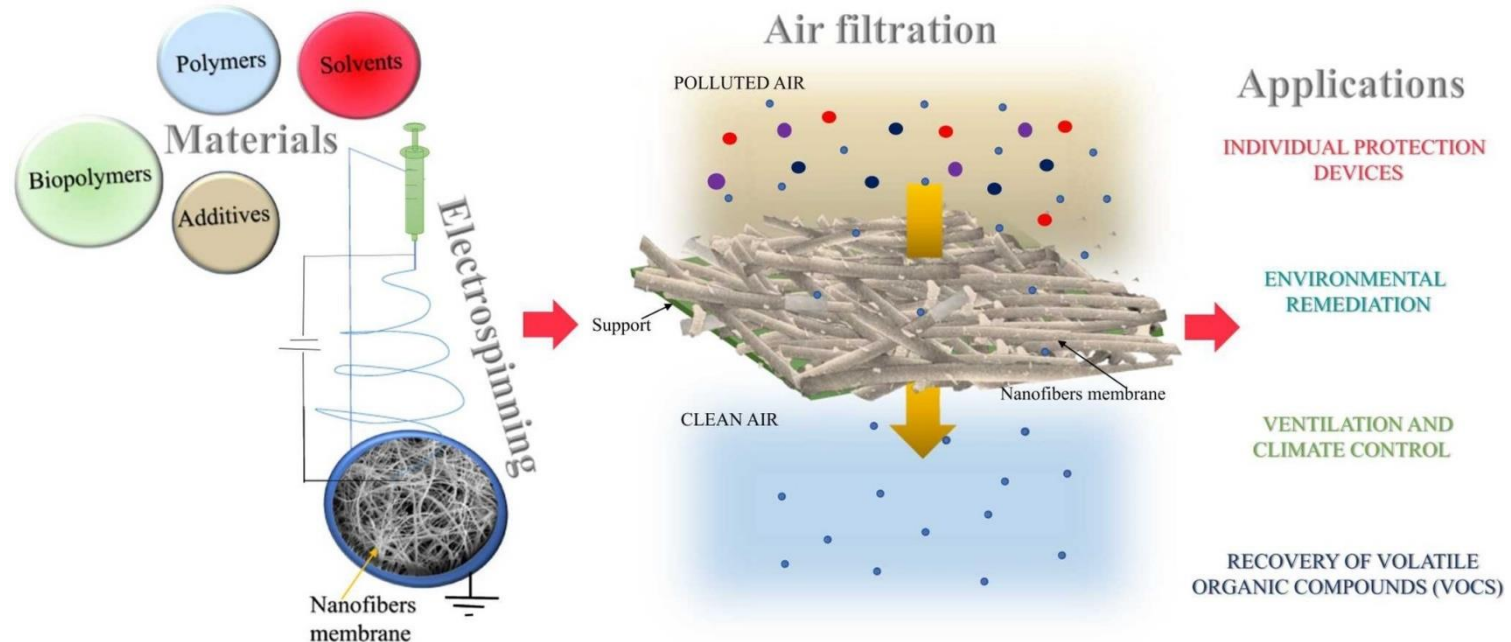
Snímky filtru před a po filtraci



Vzduchový filtr od společnosti Donaldson

Filtrace vzduchu

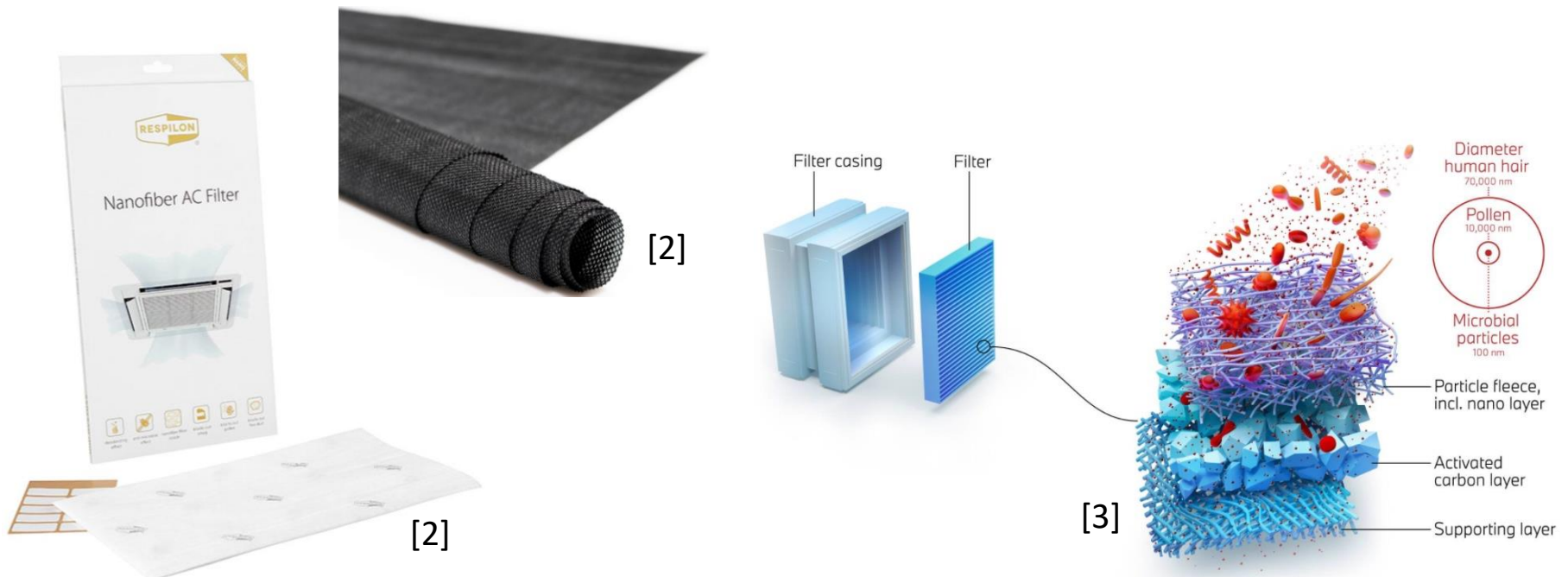
- **Filtrace částic ze vzduchu:** ideální vzduchový filtr by měl účinně zachytit částice a současně umožnit proudění vzduchu.
- **Nanovláknenné filtry:**
 - Umožňují záchyt částic zpravidla pod $1\ \mu\text{m}$ (obvykle méně)
 - Pracují především na mechanickém záchytu částic
 - Nutné použití podkladového filtru vzhledem k horší mechanické odolnosti nanovláken



Filtrace vzduchu

- **Příklady aplikací:**

- Domácnost (např. vzduchotechnika, klimatizace, recirkulační digestoře, sítě do oken, filtr ve vysavači)
- Filtry v automobilech (např. vzduchové, kabinové)
- Armáda (např. uniformy, dekontaminace)
- Zdravotnictví (např. respirátory, roušky)
- Potravinářství



Filtrace vzduchu

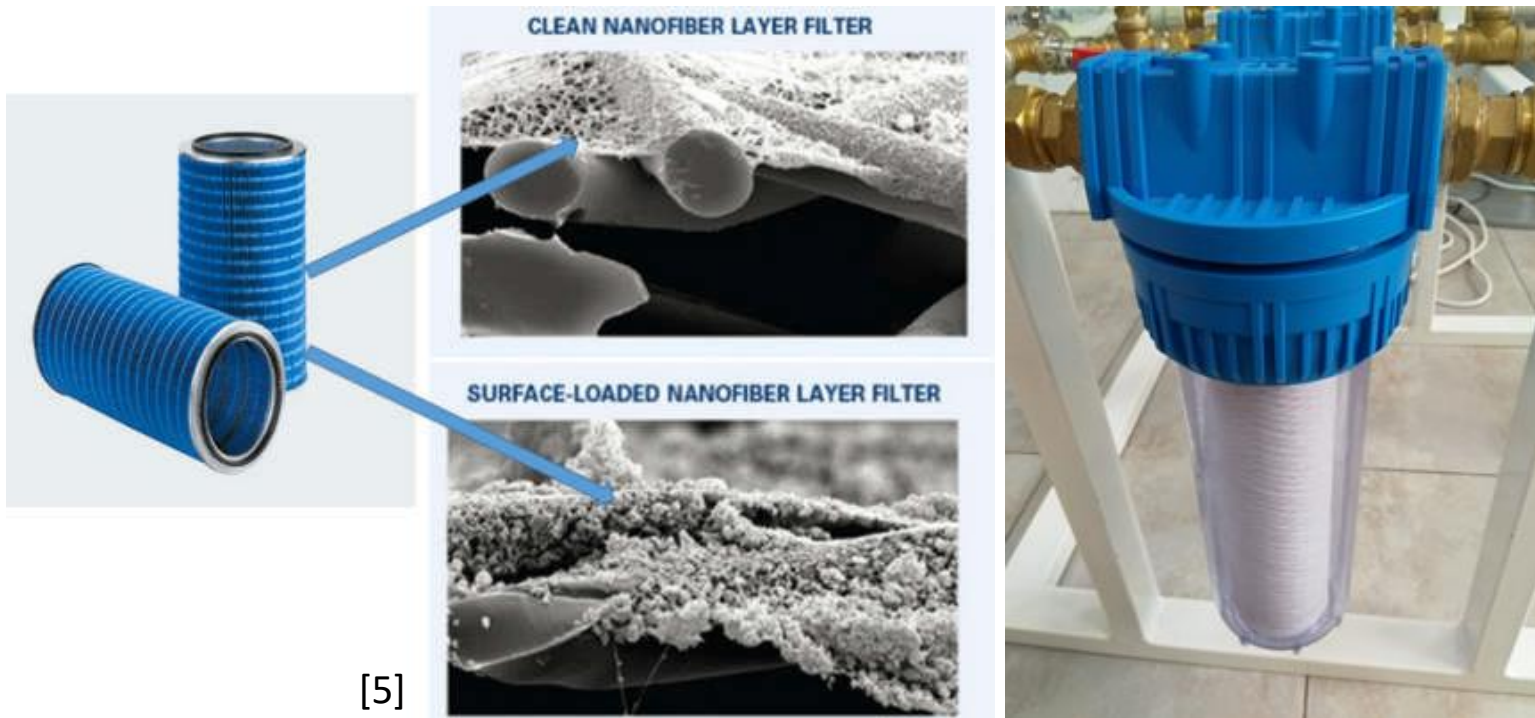
- **Používané materiály:** syntetické nedegradabilní polymery s dobrou mechanickou odolností
 - Polyamid (PA)
 - Polyimid (PI)
 - Polyvinylidenfluorid (PVDF)
 - Polypropylen (PP)
 - Polyakrylonitril (PAN)
 - Polyvinylalkohol (PVA)
 - Polyethyltereftalát (PET)

Filtrace kapalin

- **Filtrace částic z kapaliny:** záchyt pevných částic z vody či olejů. Filtry obvykle vyžadují vyšší teplotní odolnost či vyšší nároky na mechanickou pevnost.
- **Nanovlákné filtry:**
 - Schopny účinně filtrovat částice o velikostech 1-3 μm
 - Nedostatečná mechanická odolnost (nutnost použití podkladu)
 - Vysoký tlakový spád
 - Vysoká cena
- Vhodné jsou kombinace s mechanicky odolnějšími materiály jako jsou mikroválkna (spunbond, meltblown)
- Případně využití AC nanovlákné příze formované do tvaru filtru

Filtrace kapalin

- **Příklady aplikací:**
 - Automobilový průmysl (olejové, palivové filtry)
 - Čištění odpadních vod



[5]

Filtrace kapalin

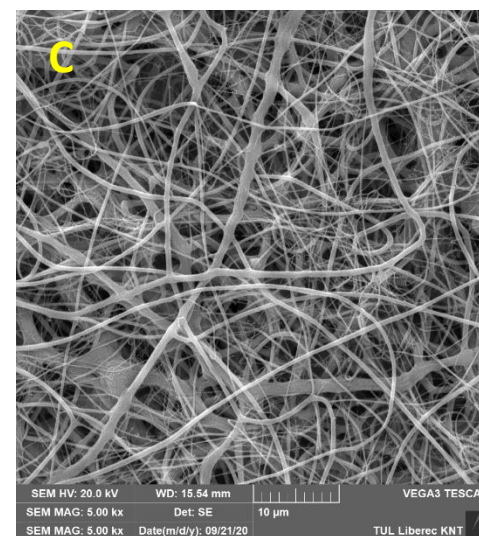
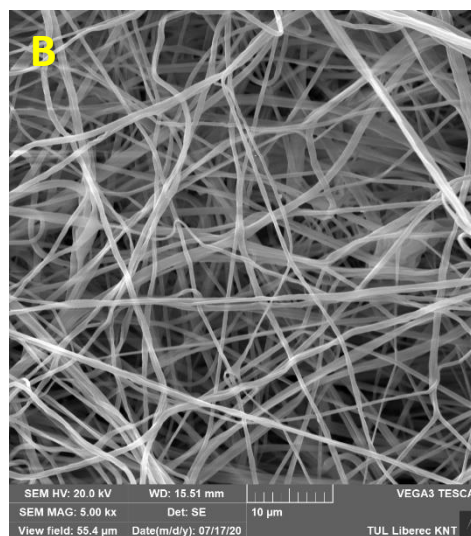
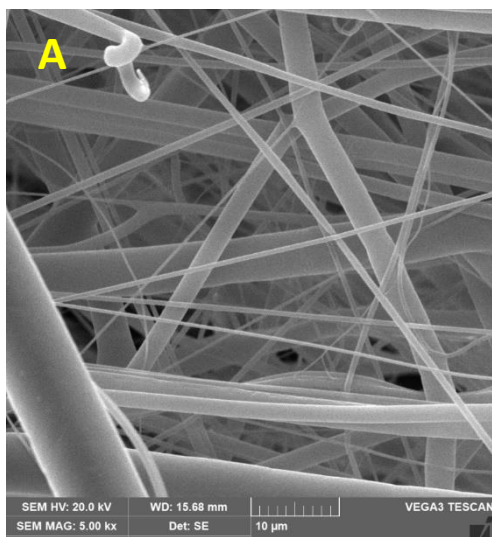
- **Používané materiály:** syntetické nedegradabilní polymery s vyšší mechanickou odolností
 - Polyamid (PA)
 - Polyakrylonitril (PAN)
 - Polyvinylidenfluorid (PVDF)

Ochranné pomůcky

- **Respirační ochrana:**
 - Certifikace dle norem (EN149:2001 + A1:2009 FFP2)
 - Nanovláknenné respirátory
 - Nanoroušky/mikrovláknenné roušky
- Elektrické zvlákňování (AC, DC) vs. technologie meltblown



[2]



Nano/mikrovláknenná vrstva vyrobená technologií: a) meltblown, b) AC a c) DC elektrickým zvlákňováním

Senzory

- **Nanovláknenné senzory:**
 - Detekce chemikálií
 - Ochrana životního prostředí
 - Řízení průmyslových procesů
 - Lékařská diagnostika
 - Smart textilie, apod.
- Senzor by měl mít malý rozměr, vysokou citlivost, být selektivní a spolehlivý.
- **Materiál pro senzory musí být obvykle vodivý.** Je tedy nutné použít buď vodivé polymery (PANi, PVDF, PVP, apod.). Případně lze zvýšit vodivost materiálu adicí vodivých částic (Cu, Ag, ZnO, apod.) nebo materiál následně povrstvit vodivým materiálem (coating PPy, PANi, PDA).

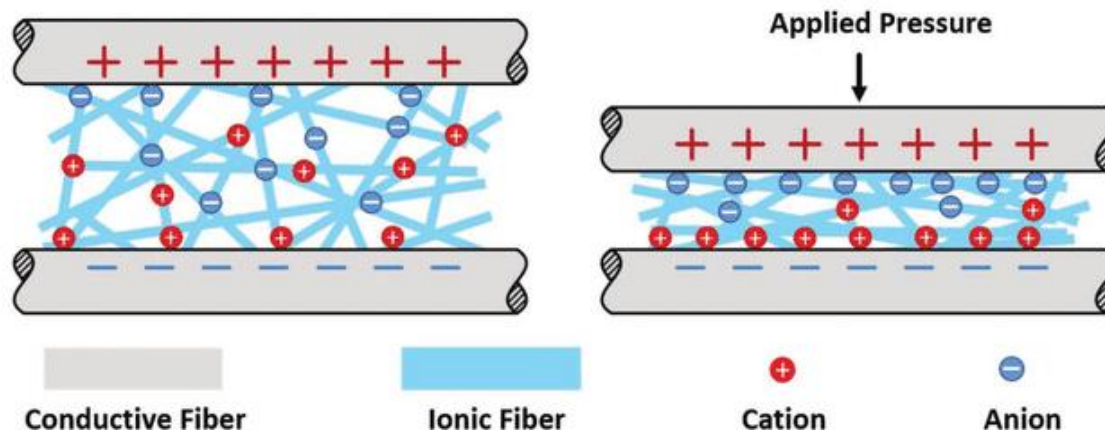
Senzory

- **Tlakové senzory**

- Tlakové senzory z nanovláken jsou výhodné především díky jejich vysoké objemové hmotnosti (nadýchanosti). Při působení tlaku je vláknenná hmota schopna indikovat změny, které mohou být zaznamenány.

- **Příklady aplikací:**

- Biomedicína (např. diagnostické nástroje, sledování krevního tlaku)
- Elektronika (např. dotykové obrazovky, smart textilie)
- Průmyslové aplikace (např. monitorování tlaku v trubicích, ventilech)
- Environmentální monitorování (např. monitoring znečištění ovzduší)



Senzory

- **Plynové senzory**
 - Detekce plynů v okolním prostředí díky velkému měrnému povrchu nanovláken. Měří se změna vodivosti nebo hmotnosti vláken.
- **Příklady aplikací:**
 - Detekce toxických plynů (např. plyny vznikající při průmyslových procesech)
 - Medicína (např. detekce metabolických či respiračních onemocnění)
 - Domácnost a průmysl (např. detekce úniku plynu)
 - Environmentální monitorování (např. koncentrace různých plynů v ovzduší, jako jsou oxidy dusíku, oxid uhelnatý, sirovodík)
- **Fotodetektory**
 - Některé materiály mohou účinkem světla o různých vlnových délkách měnit svoji barvu, případně detekovat záření o konkrétní vlnové délce (např. UV).

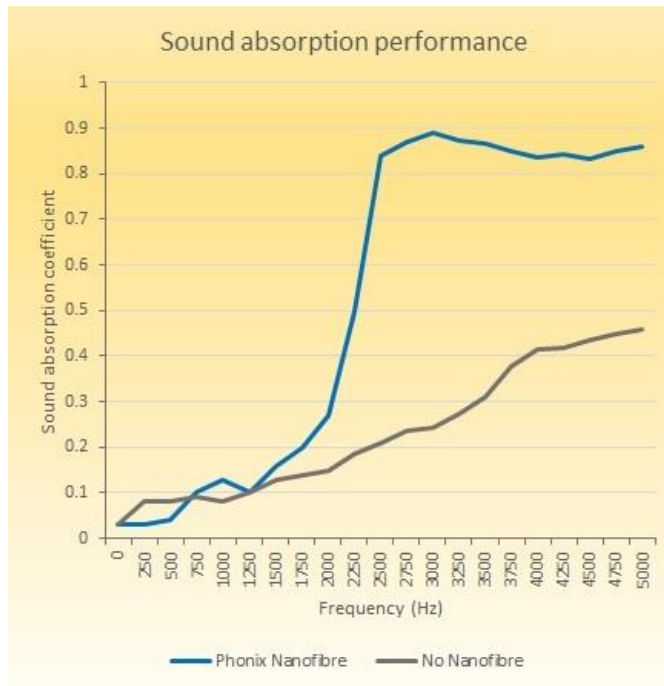
Senzory

- **Akustické senzory**

- Detekce zvukových vln. Senzory jsou schopny zachytit a analyzovat akustické signály s vysokou citlivostí a přesností.

- **Příklady aplikací:**

- Detekce vibrací a zvuků staveb (strukturální integrita konstrukcí způsobená poruchami)
- Medicína (např. monitoring srdečního rytmu nebo dýchání)

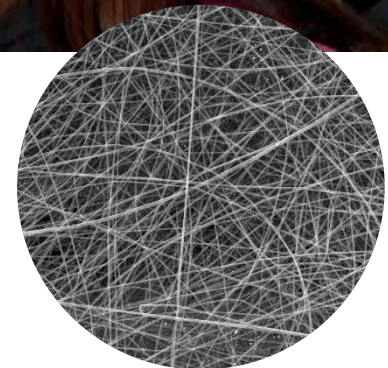


Graf ukazující vyšší účinnost absorpce hluku nanovlákněným materiálem v porovnání s materiálem bez nanovláken

Kosmetika

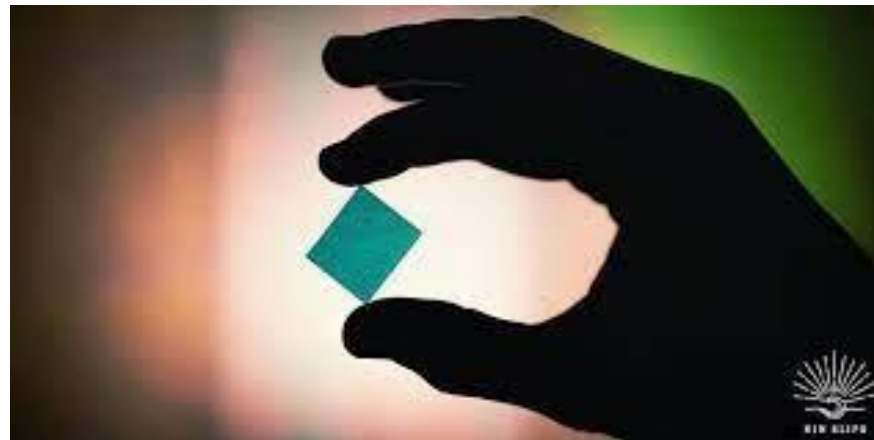
- **Nanovláknenné pleťové masky**

- Materiály z polymerů rozpustných ve vodě (PVA, PVP, celulóza, kyselina hyaluronová, kolagen rozpustný ve vodě, apod.) jsou v současnosti používány jako pleťové masky obsahující aktivní látky, které se stykem s vlhkou pokožkou uvolní do kůže.



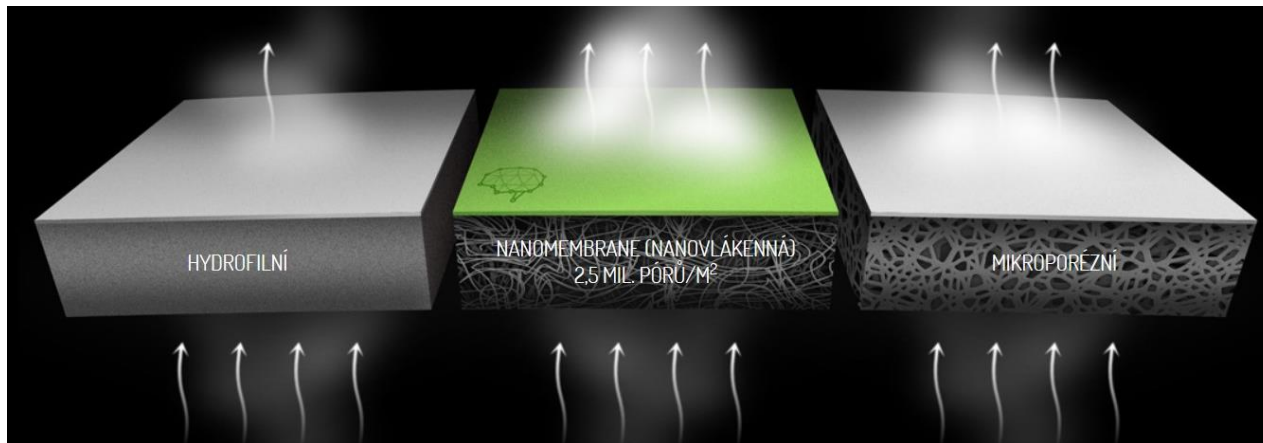
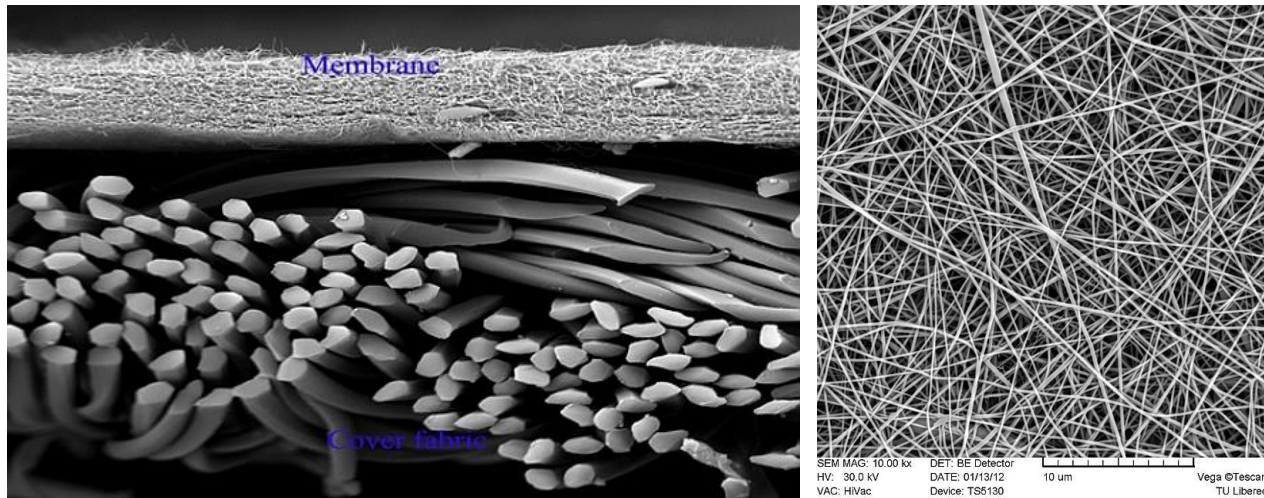
Farmacie a potravinářství

- **Nanovlákné stripy pro dodávání léčiv či doplňků stravy**
 - Inovativní metoda dodávání léčiv a aktivních látek inkorporovaných do nanovláken
 - Nanovlákná obsahují léčivou látku, která se vstřebává přímo do krevního oběhu skrz cévy v podjazykové sliznici, což zvyšuje biodostupnost léčiva a snižuje ztrátu účinné látky při průchodu trávicím traktem
 - Vhodné pro léky, které mají být rychle absorbovány do krevního oběhu, (léky proti bolesti, zmírnění alergických reakcí nebo léky na nevolnost)



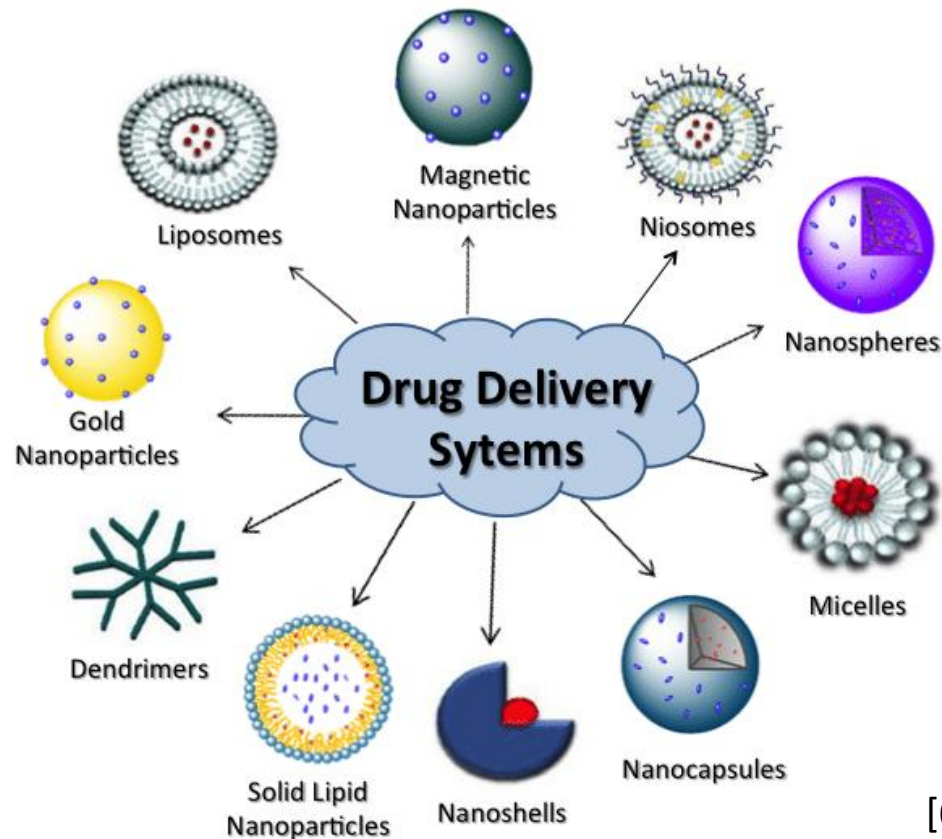
Membrány v oděvnictví

- Nanovláknenná membrána jako varianta ke známé membráně „Goretex®“
 - Vyrábí např. Nanoprotex, materiál: PA



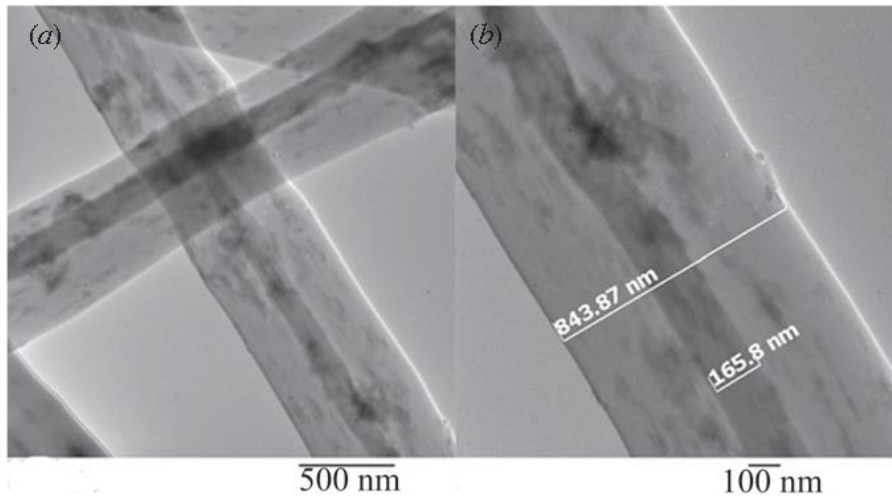
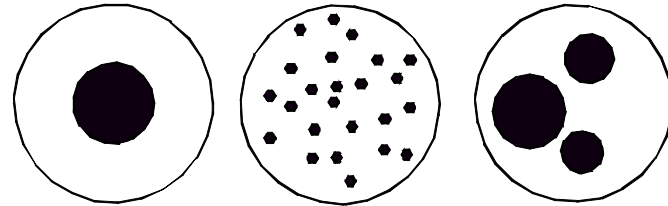
Drug delivery systémy

- Systémy cíleného dodávání léčiv a jejich řízeného uvolňování
- Obvykle z degradabilních materiálů – dobou degradace je možné řídit uvolňování aktivních látek
- Látky se mohou uvolňovat také procesem difuze

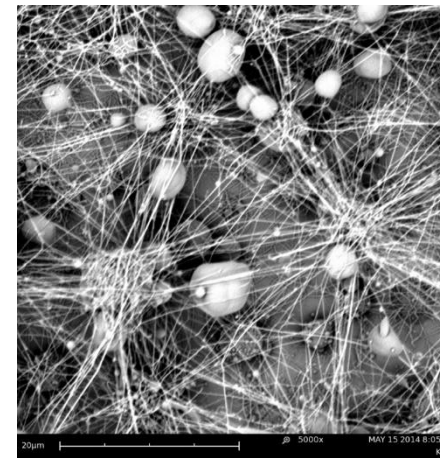


Drug delivery systémy

- **Drug delivery systémy v podobě nanovláken:**
 - Enkapsulace = zapouzdřování látek do nanovláken nebo polymerních kapslí
- **Metody enkapsulace:**
 - Elektrospinning
 - Elektrospraying
 - *Koaxiální nanovlákná



Koaxiální nanovlákná



Kompozitní nanovláknenný materiál obsahující enkapsulované léčivo v kapslích

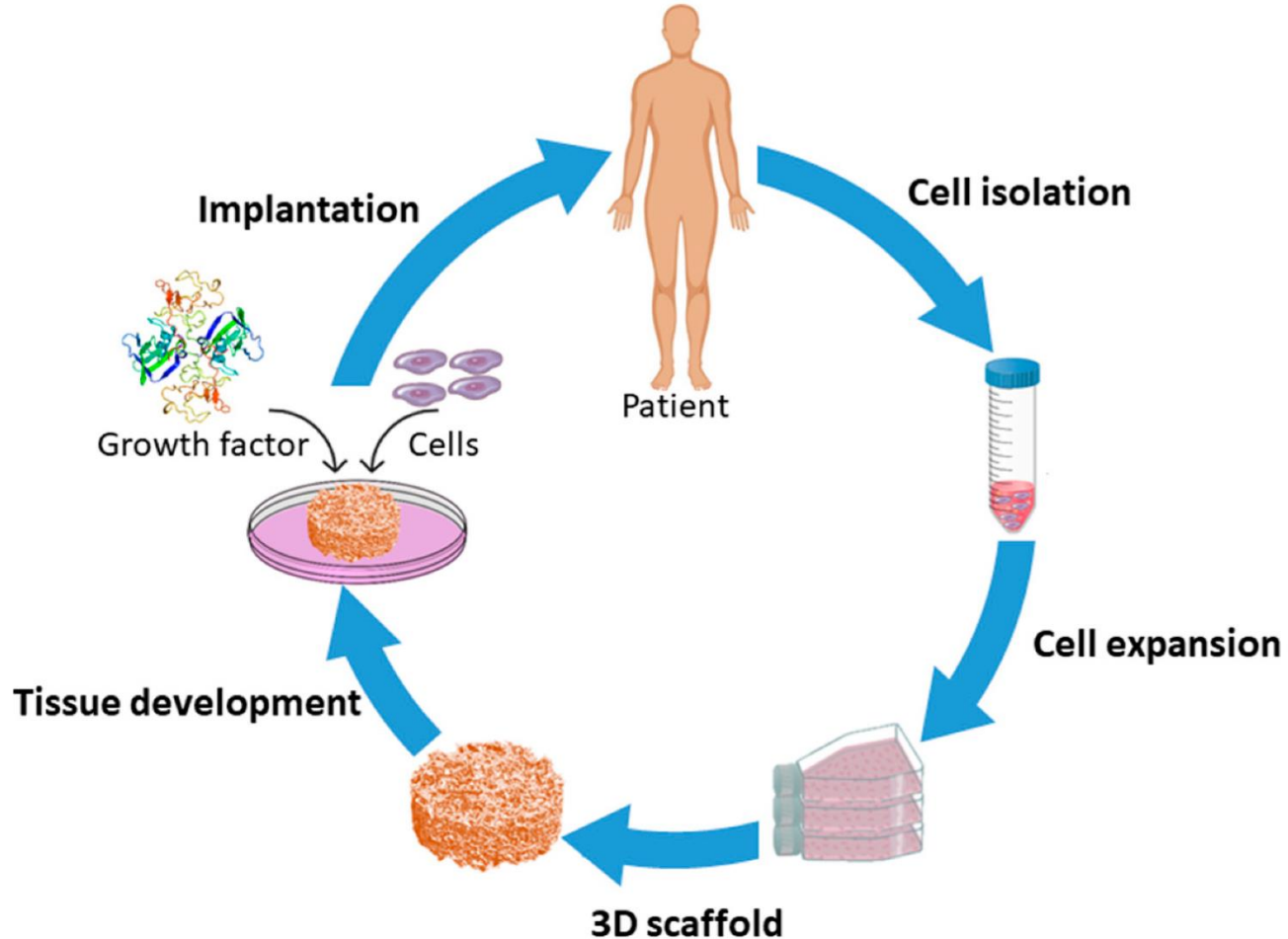
Nanovláknenné kompozity

Nanovláknenný kompozitní materiál: textilie obsahující nanovláknena vyráběná kombinací vláken různých druhů nebo vláken a částic. Množství jednotlivých složek musí být větší než 5 %!

- **Příklady aplikací nanovláknenných kompozitů:**
 - Zlepšení mechanických vlastností (např. inkorporace uhlíkových nanovláken či oxidu grafenu)
 - Zvýšení vodivosti (např. inkorporací uhlíkových nanovláken či nanotrubic)
 - Zlepšení bariérových vlastností (např. vytvoření bariéry proti vlhkosti, průniku bakterií, chemikálií apod.)
 - Antimikrobiální vlastnosti (modifikace či funkcionalizace nanovláken k inhibici růstu bakterií či mikroorganismů – pozor na min. množství složek 5 %)

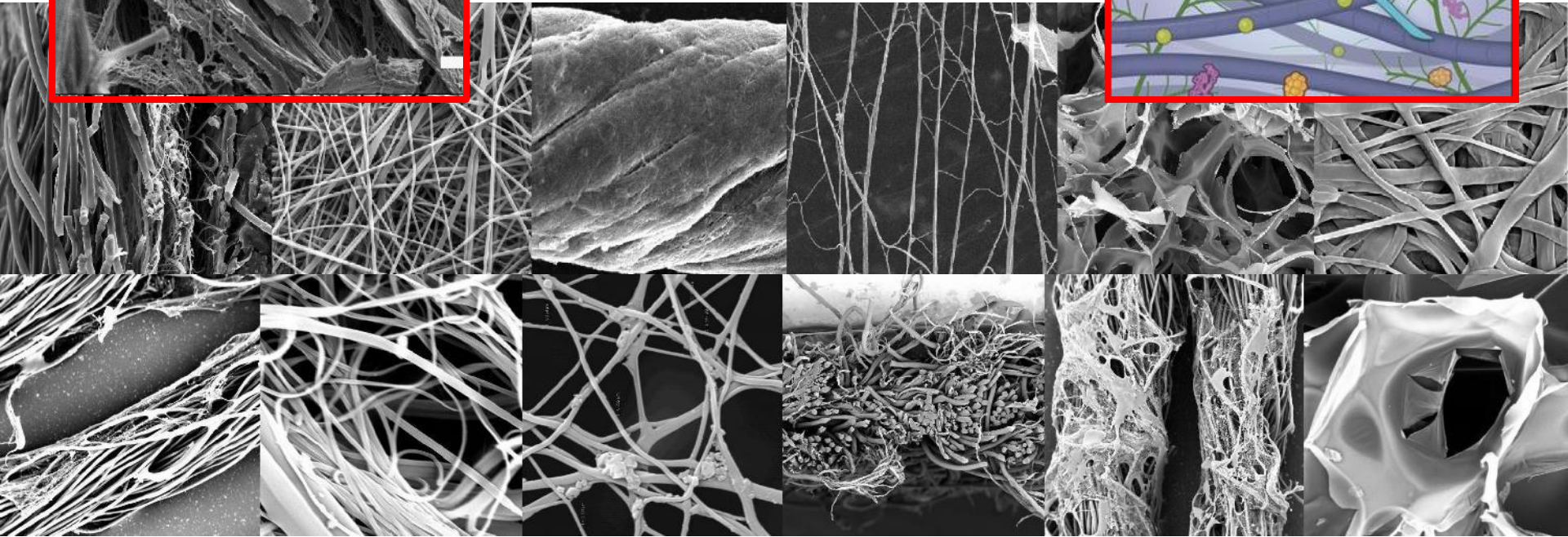
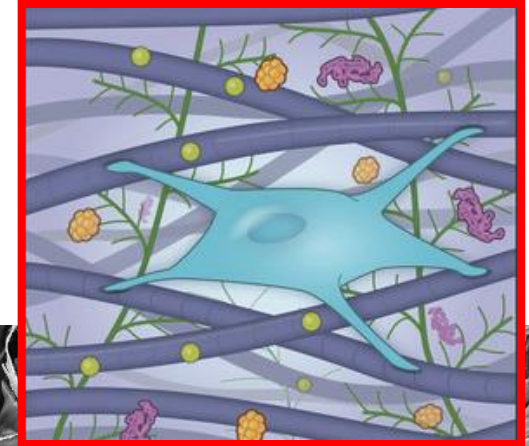
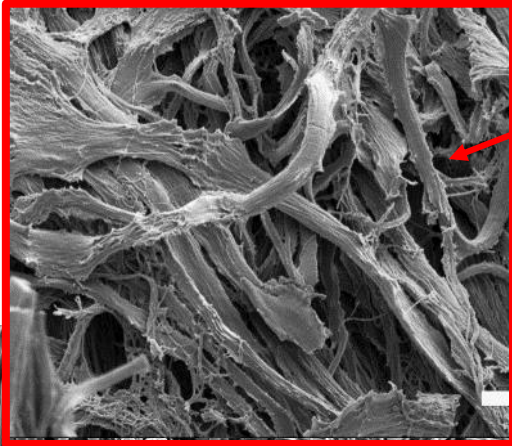
Tkáňové inženýrství

- Interdisciplinární obor, který kombinuje inženýrství, biologii a materiálové vědy. Cílem je vytvořit funkční tkáně a orgány, které mohou nahradit nebo obnovit poškozené či nemocné tkáně v těle.



Tkáňové inženýrství

- Scaffoldy napodobují nativní mezibuněčný prostor v našem těle



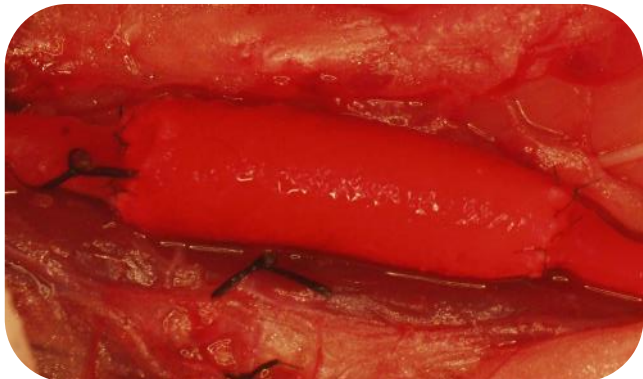
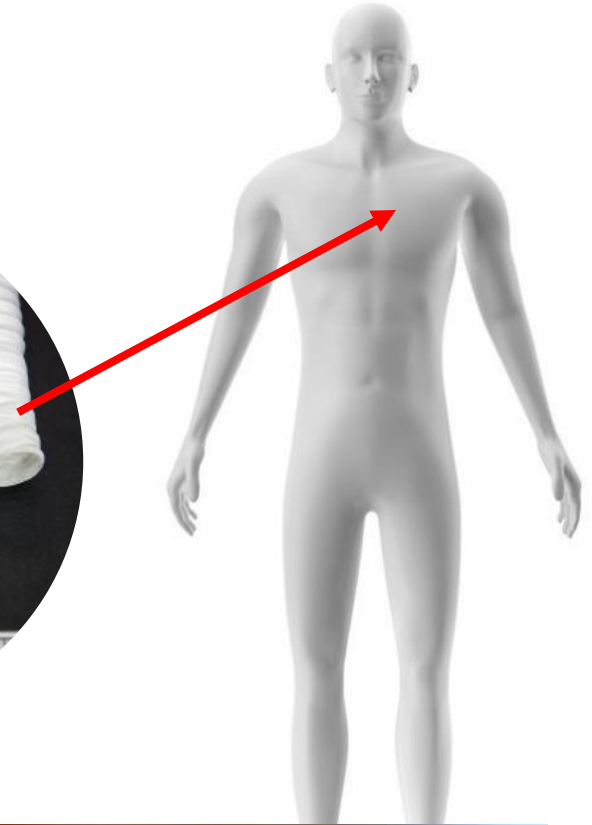
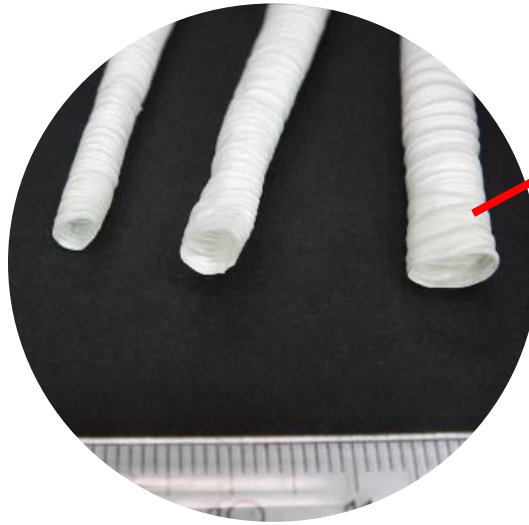
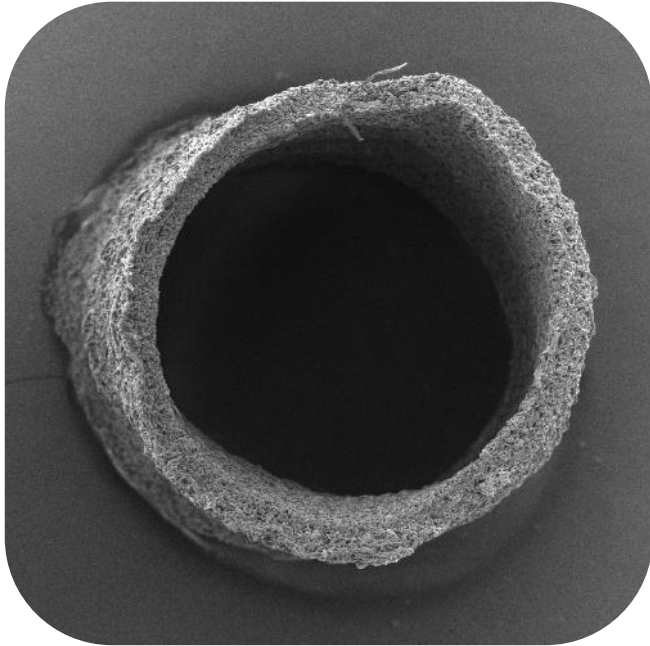
Takto mohou vypadat scaffoldy vyrobené různými technologiemi na míru dané nativní tkáni

Tkáňové inženýrství

- **Příklady aplikací:**
 - **Podrobnější aplikace budou uvedeny v následující přednášce**
 - Cévní náhrady
 - Kožní kryty
 - Glaukomové implantáty
 - Náhrady brzlíku
 - Střevní anastomózy
 - Náhrady kostí
 - Regenerace nervové tkáně
 - Neurologické náhrady tvrdé mozkomíšní pleny

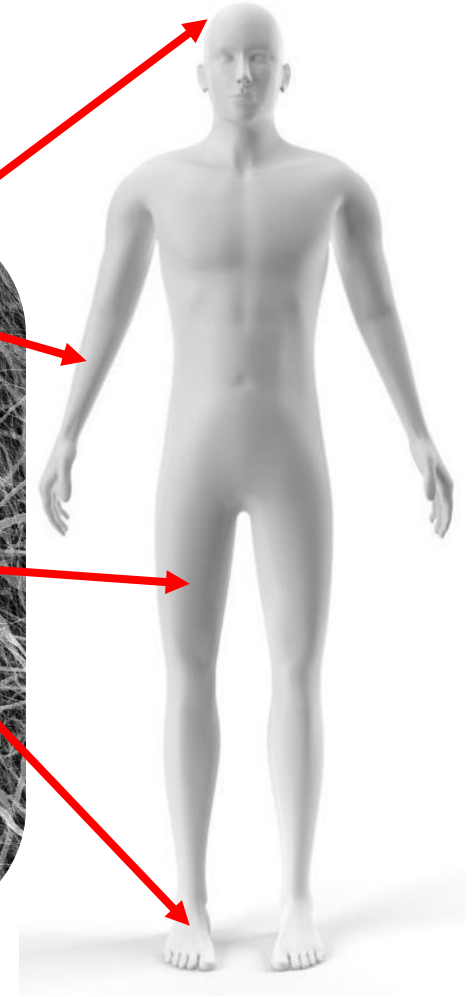
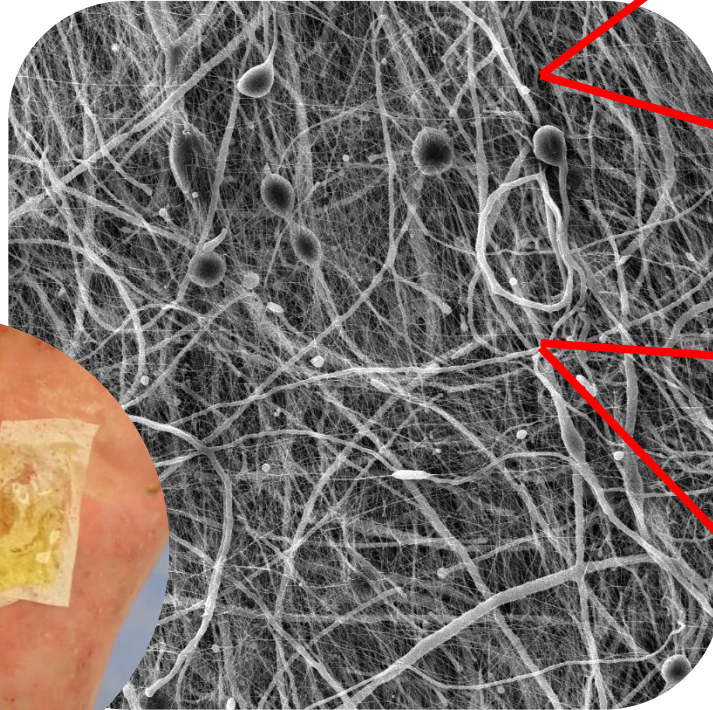
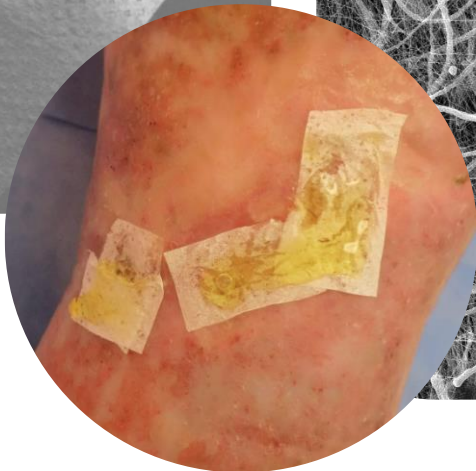
Cévní náhrady

- Biodegradabilní cévní náhrada vyvíjená na KNT (materiál: polyestery)



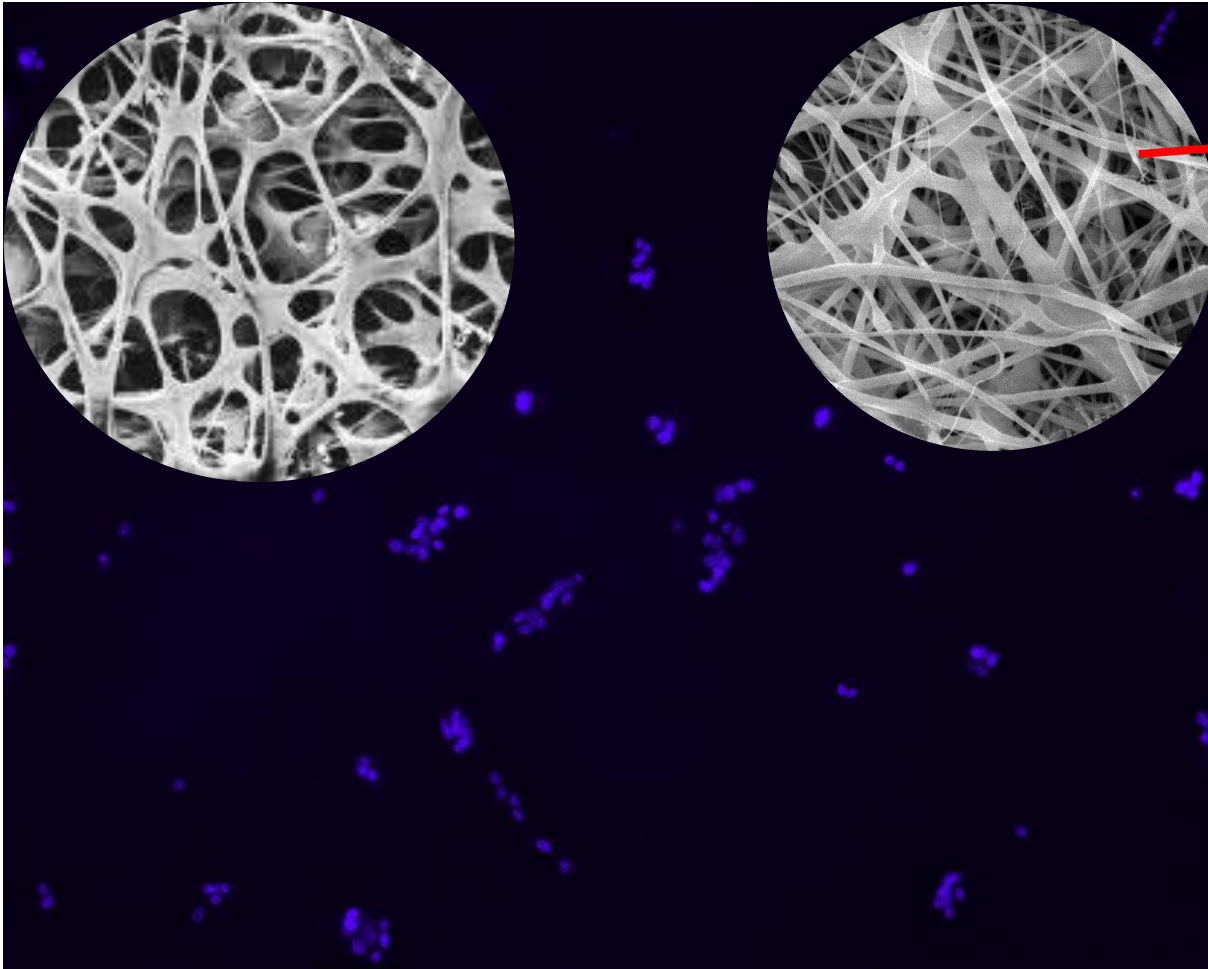
Kožní kryty

- Nanovláknenná vrstva, kterou je možné využít při hojení kožních defektů, popálenin apod.



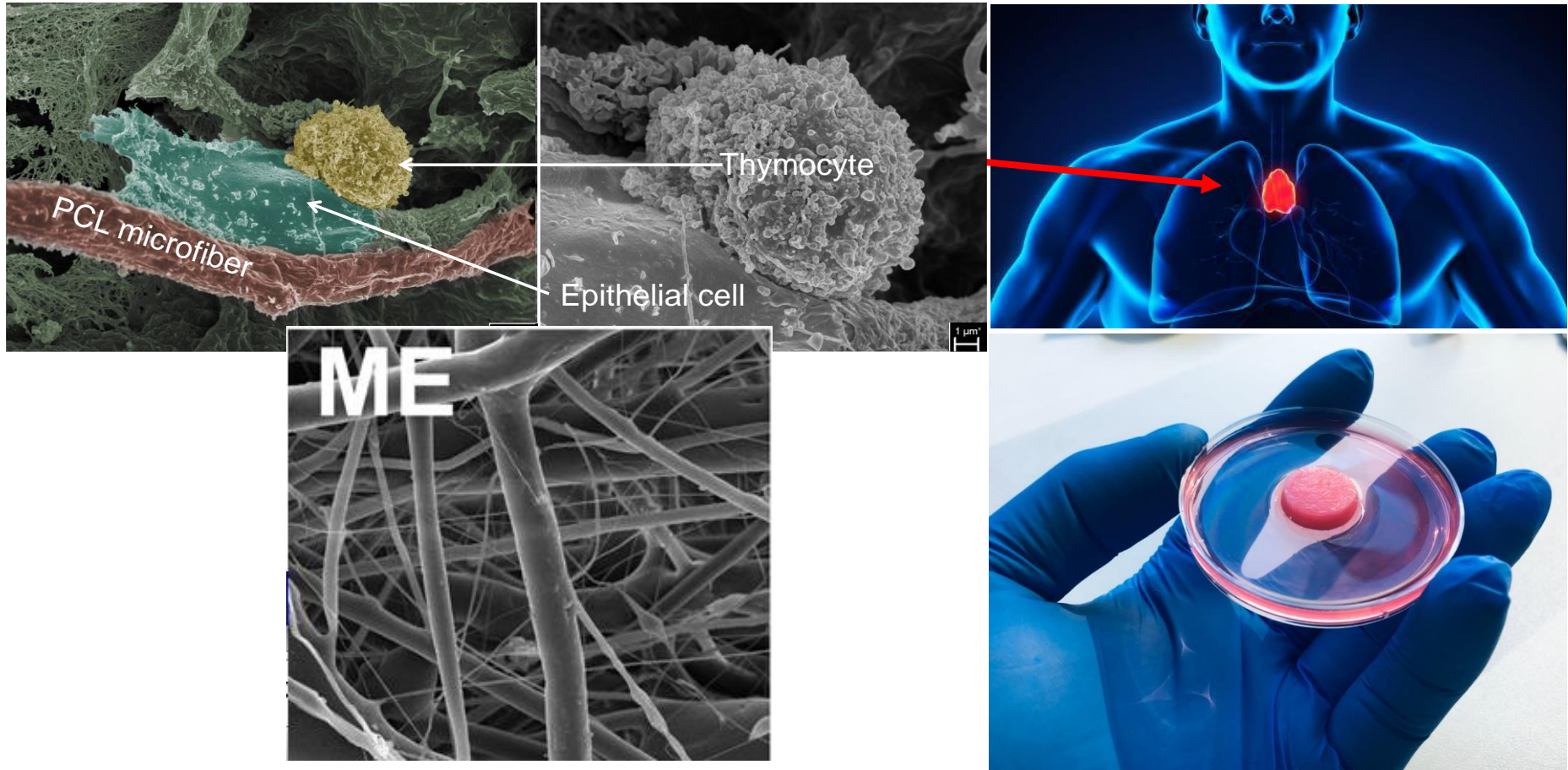
Glaukomové implantáty

- Implantát z nedegradabilního materiálu pro léčbu glaukomu musí v těle vydržet do konce života. Základem je odolnost vůči růstu buněk a napodobení přirozené tkáně v oku.



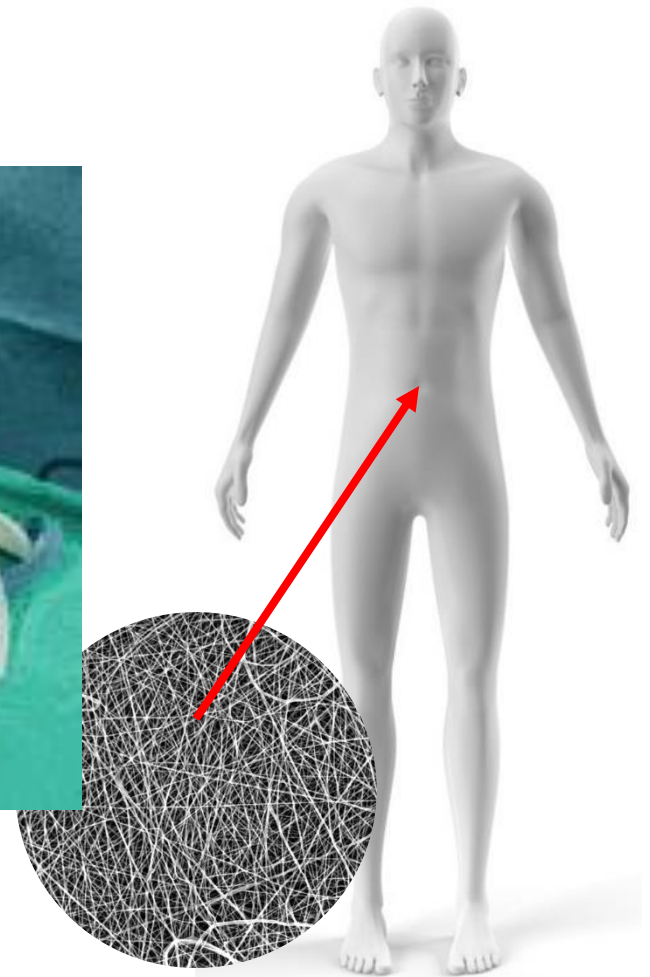
Brzlík

- Brzlík je orgán, který je v našem těle dočasný. Produkuje tzv. T-lymfocyty, které likvidují nádorové buňky. Můžeme jej nahradit produkcí 3D scaffoldů (kombinace technologií meltblown a elektrospinningu).



Střevní anastomózy

- Krytí střevních anastomóz, které jsou častou příčinou mortality v důsledku průniku obsahu střev do břišní dutiny. Materiál zabraňuje tvorbě srůstu v dutině břišní, kombinací hydrofilních a hydrofobních scaffoldů.



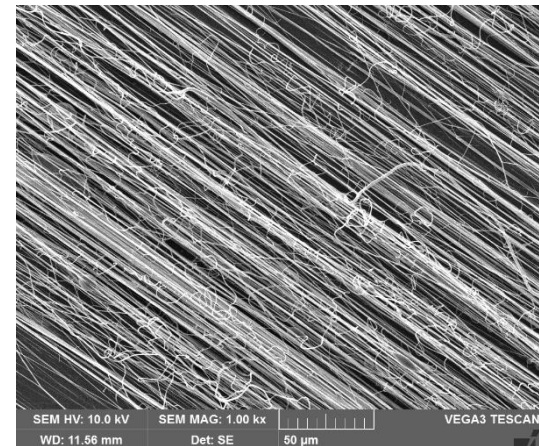
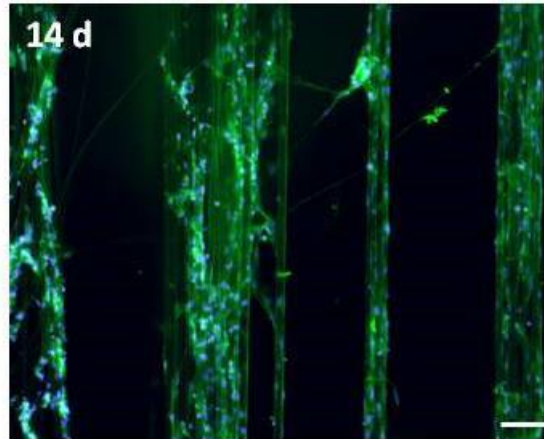
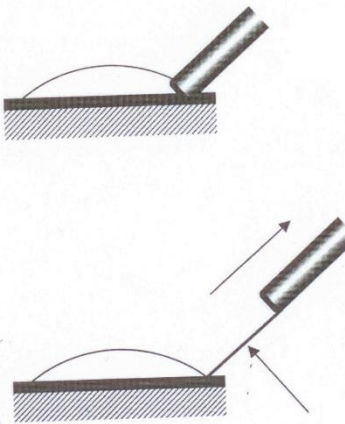
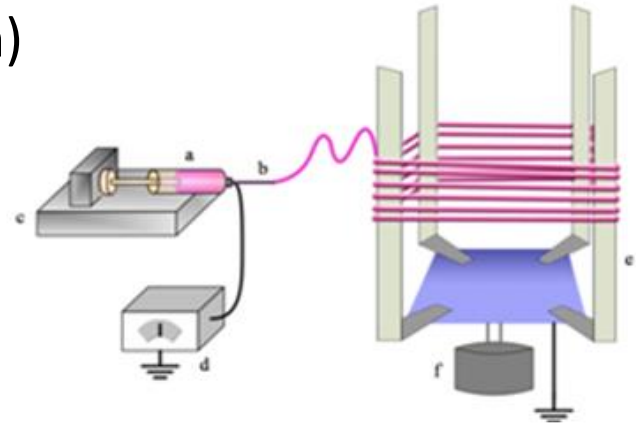
Náhrady kostí

- Nano/mikro vláknenné scaffoldy pro regeneraci kostních či kloubních tkání je možné obohatit o hydroxyapatit, jejich hlavní složku. Tím dochází k podpoře růstu buněk tvořících kostní tkáň.



Regenerace nervové tkáně

- K výrobě paralelizovaných vláken je možné využít speciální kolektor při DC elektrickém zvlákňování nebo technologii drawing. Aplikace nachází využití např. pro regeneraci nervových tkání, kdy by buňky (buňky rostou dle orientace vláken)



Literatura

- [1] RUSSO, Francesca; Roberto CASTRO-MUÑOZ; Sergio SANTORO; Francesco GALIANO a Alberto FIGOLI. A review on electrospun membranes for potential air filtration application. online. Journal of Environmental Chemical Engineering, roč. 10 (2022), č. 5, s. 108452. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.108452>.
- [2] RESPILON. Filtr do klimatizace s nano membránou | RESPILON. online. In: shop.respilon.cz. Dostupné z: <https://shop.respilon.cz/filtry-do-klimatizace/nano-filtr-do-klimatizace-respilon/>.
- [3] TOCK, Alex. BMW Expands Availability Of Nano-Particle Cabin-Air Filters. Dostupné z: BimmerLife, <https://bimmerlife.com/2021/05/29/bmw-expands-availability-of-nano-particle-cabin-air-filters/>.
- [4] Nanoprotex – Nanoprotex. Dostupné z: <https://nanoprotex.ca/>.
- [5] FADIL, Fatirah; Nor Dalila AFFANDI; Mohd Iqbal MISNON; N.N BONNIA; Ahmad HARUN et al. Review on Electrospun Nanofiber-Applied Products. online. Polymers, roč. 13 (2021), s. 2087. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/polym13132087>.
- [6] Drug delivery systems for the diagnosis and/or therapy of... online. In: ResearchGate. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/fig1-Drug-delivery-systems-for-the-diagnosis-and-or-therapy-of-various-diseases_fig1_288831127.

Děkuji za pozornost

Ing. Andrea Klápšťová
Katedra netkaných textilií a nanovláknenných materiálů
Technická univerzita v Liberci
andrea.klapstova@tul.cz