

# Obsah

## Nano v energetice

Autoři: Sean Kelly, Nikolina Latkovic

Datum poslední úpravy: [21.12.2021]

### Téma

#### Úvod

Poptávka po energiích se neustále zvyšuje a s ní také závažnost souvisejících problémů, například klimatické změny. Když říkáme energie, myslíme tím všechno od elektřiny, kterou používáme doma, po pohon automobilů, letadel a vlaků. A nanotechnologie mají potenciál změnit způsob, jímž energie vyrábíme, uchováváme a využíváme, a umožňují, aby naše energie byly čistší, efektivnější a levnější.

Tato oblast je předmětem rostoucího zájmu nejen z pohledu tržní příležitosti, ale také jako řešení problémů, které způsobila naše závislost na fosilních palivech, konkrétně pak klimatické změny a znečištění. S postupným odklonem společnosti od spalování fosilních paliv při výrobě energie pohlížíme na nanotechnologie jako na prostředek k vyřešení některých problémů s tímto odklonem spojených. Nové nanomateriály nám mohou pomoci energii lépe zachycovat, například prostřednictvím účinnějších solárních článků; uchovávat energii, například díky lepším bateriím pro elektromobily; a využívat energii, například díky lepším izolačním materiálům pro budovy a s nimi spojené menší spotřebě energie.

Je důležité si uvědomit, že klimatickou změnu nevyřeší provedení jediné změny v energetickém hodnotovém řetězci od zachycování přes uchovávání po využívání energie. Je třeba provést úpravy a technická vylepšení v rámci celého energetického cyklu, abychom mohli vyrábět čistou energii, bezpečně ji uchovávat a efektivně využívat.

#### Praktický význam – zde uplatníte své znalosti a dovednosti

V této části zjistíte, jaké využití mohou nanotechnologie najít v energetickém systému od výroby po využití energie. Uvidíte již existující příklady i budoucí příležitosti, které jsou stále ve vývoji.

#### Přehled vzdělávacích cílů a kompetencí

V části *Nanotechnologie v energetickém hodnotovém řetězci* zjistíte, jak lze využít nanotechnologie v celém energetickém hodnotovém řetězci.

V části *Některé z nanomateriálů a nano struktur využívaných v energetickém hodnotovém řetězci* poznáte některé z nanomateriálů a nano struktur, které se nabízejí k využití v energetickém sektoru.

V části *Nanotechnologie pro energii v automobilovém průmyslu* se blíže podíváme na jednu konkrétní oblast využití energie, a sice automobilový průmysl.

| Vzdělávací cíle                                | Dílčí cíle                                      |
|--|---|
| LO_Nanotechnology in the energy value chain_01 | FO_BB01_01 Co je energetický hodnotový řetězec? |

|   |   |
|---|---|
|   | FO_BB01_02 Nanotechnologie v energetickém hodnotovém řetězci<br>FO_BB_01_0 Příklady využití nanotechnologií v energetice  |
| LO Some nanomaterials and nano structures used in the energy value chain_02 | FO_BB02_01 Příklady materiálů využívaných v energetice<br>FO_BB02_02 Grafen a jeho využití v energetice<br>FO_BB_02_03 Uhlíkové nanotrubic a jejich využití v energetice<br>FO_BB_02_03 Nanočástice stříbra a jejich využití v energetice |
| LO_Nanotechnology for energy in the automotive sector_03                    | FO_BB03_01 Nanotechnologie v bateriích elektromobilů<br>FO_BB03_02 Proč odlehčování automobilů pomáhá z energetického hlediska<br>FO_BB_03_03 Využití nanotechnologií ke snižování tření a úspoře energie                                 |

- **Nanotechnologie v energetice**

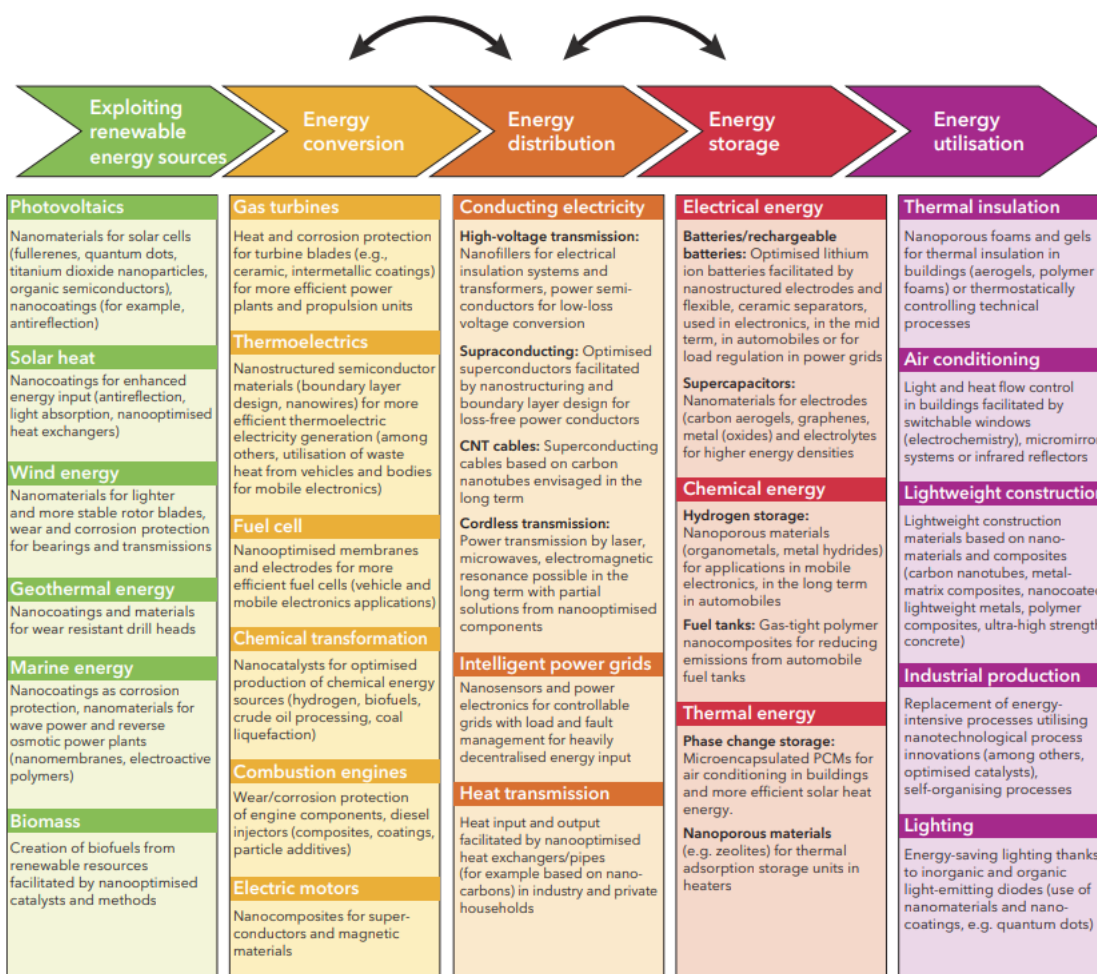
Celosvětová poptávka po energii roste ruku v ruce s růstem počtu obyvatel a objemu průmyslové činnosti. energii potřebujeme všichni k pohonu automobilů, vytápění domů, napájení elektronických zařízení a k produkci potravin i zboží, které si kupujeme. Většinu energie stále produkují naše tradiční energetické zdroje využívající uhlí, plyn a ropu. Existují však přinejmenším dva zásadní důvody, proč jsou tyto zdroje energie v budoucnosti neudržitelné. Zaprvé, zásoby fosilních paliv nejsou nekonečné a jednou dojdou. A zadruhé, spalování fosilních paliv je příčinou změn klimatu, je tedy třeba snížit množství uhlíku, které vypouštíme do ovzduší.



Nanotechnologie již mají svou úlohu ve všech oblastech energetického řetězce a existuje i naděje, že nám pomohou lépe ovládnout čistější energii, efektivněji ji uchovávat a vyrobenou energii také účinněji využívat. Nanotechnologie představují široký obor, pro energetiku tedy nenabízejí jediné řešení, ale řadu možností využití v celém energetickém řetězci. Energetický hodnotový řetězec zahrnuje:

- Zachycování energie – neboli schopnost využívat různé zdroje energie;
- Přeměna energie – přeměna z jedné formy na jinou, např. z větru (kinetická energie na elektrickou);
- Rozvod energie – přenos energie z jednoho místa na jiné, například národní rozvodná síť;
- Uchovávání energie – schopnost uchovat energii pro pozdější použití, např. v akumulátoru;
- Využití energie – jak nám nanotechnologie mohou pomoci využívat energii efektivněji, např. díky lepší izolaci budov nebo odlehčování automobilů, které tak budou spotřebovávat méně paliva.

Nanotechnologií, které lze využít v celém energetickém hodnotovém řetězci, je celá řada, viz ilustrace níže.



| Využívání obnovitelných zdrojů energie  | Přeměna energie  | Rozvod energie   | Uchovávání energie  | Využívání energie  |
|---|--|--|---|--|
| <b>Fotovoltaika</b><br>Nanomateriály pro solární články (fullerény, kvantové tečky, nanočástice oxidu titaničitého, organické polovodiče), nano povrchová úprava (například antireflexní) | <b>Plynové turbíny</b><br>Tepelná a protikorozní ochrana listů turbín (např. keramická, intermetalická povrchová úprava) pro vyšší účinnost jednotek k výrobě energie a pohonných jednotek | <b>Přenos elektřiny</b><br><b>Vysokonapětový přenos:</b> Nanovýplň pro elektrické izolační systémy a transformátory, polovodiče pro měniče napětí s nízkými ztrátami<br><b>Supravodivost:</b> Optimalizované supravodiče díky nanostruktuře a konstrukci hraniční vrstvy pro bezztrátové vodiče<br><b>Kabely CNT:</b> Supravodivé kabely z uhlíkových nanotrubic v dlouhodobém výhledu<br><b>Bezdrátový přenos:</b> Přenos el. energie laserem, mikrovlnami, elektromagnetickou rezonancí umožněný v dlouhodobém | <b>Elektrická energie</b><br><b>Baterie/akumulátory:</b> Lithium ion baterie optimalizované díky nano elektrodám a flexibilním keramickým separátorům, využití v elektronice, ve střednědobém výhledu v automobilech či řízení zátěže elektrických sítí<br><b>Superkapacity:</b> Nanomateriály pro elektrody (karbonové aerogely, grafeny, kovy (oxidy) a elektrolyty pro vyšší hustotu energie | <b>Tepelná izolace</b><br>Nanoporézní pěny a gely pro tepelnou izolaci budov (aerogely, polymerové pěny) nebo termostatické řízení technických procesů |

|   |   |  |   |  |
|---|---|--|---|--|
|   |   | výhledu částečně díky nanooptimalizovaným komponentům  |   |  |
| <b>Solární teplo</b><br>Nano povrchová úprava pro vyšší energetické vstupy (antireflexní, pohlcující světlo, nanooptimalizované výměníky tepla)   | <b>Termoelektřina</b><br>Nano polovodičové materiály (konstrukce hraniční vrstvy, nano vodiče) pro efektivnější termoelektrickou výrobu elektřiny (mimo jiné využívání odpadního tepla vozidel a pouzder mobilní elektroniky) | <b>Inteligentní elektrické sítě</b><br>Nanosnímače a silová elektronika pro řízené sítě s regulací zátěže a managementem závad pro velmi decentralizované energetické vstupy | <b>Chemická energie</b><br><b>Uchování vodíku:</b> Nanoporézní materiály (organometalické, hybridy kovů) pro použití v mobilní elektronice, v dlouhodobém výhledu v automobilech<br><br><b>Palivové nádrže:</b> Vzduchotěsné polymerové nanokompozity pro redukcii úniku plynů z palivových nádrží automobilů | <b>Klimatizace</b><br>Řízení toků světla a tepla v budovách díky ovládnutí oken (elektrochemie), systémům mikrozcadel nebo infračerveným odrazným prvkům   |
| <b>Větrná energie</b><br>Nanomateriály pro lehčí a stabilnější listy rotorů, ochrana proti opotřebením a korozi pro ložiska a převody   | <b>Palivové články</b><br>Nanooptimalizované membrány a elektrody pro účinnější palivové články (vozidla a mobilní elektronika)   | <b>Přenos tepla</b><br>Vstup a výstup tepla umožněný nanooptimalizovanými výměníky tepla a potrubím (např. s využitím nanokarbons) pro průmysl i domácnosti                  | <b>Tepelná energie</b><br><b>Úložiště se změnou stavu:</b> Mikrozapouzdřené PCM pro klimatizaci budov a efektivnější využití tepelné energie ze slunce<br><br><b>Nanoporézní materiály</b> (např. zeolity) pro úložiště s tepelnou adsorpcí v topidlech   | <b>Lehké konstrukce</b><br>Lehké stavební materiály z nanomateriálů a kompozitů (uhlíkové nanotrubičky, kompozity s kovovou maticí, lehké materiály s nano povrchovou úpravou, polymerní kompozity, ultra vysokopevnostní beton) |
| <b>Geotermální energie</b><br>Nano povrchová úprava a materiály pro vrtné hlavice odolné proti opotřebením  | <b>Chemická přeměna</b><br>Nanokatalyzátory pro optimalizovanou produkci chemických zdrojů energie (vodík, biopaliva, zpracování ropy, zkapalněné uhlí)   |  |   | <b>Průmyslová výroba</b><br>Nahrazení energeticky náročných procesů využitím nanotechnologických procesních inovací (mimo jiné optimalizovaných katalyzátorů), procesy s vlastní organizací                                      |
| <b>Energie z moře</b><br>Nano povrchová úprava jako ochrana proti korozi, nanomateriály pro přibojové elektrárny a elektrárny využívající reverzní osmózu (nanomembrány, elektroaktivní polymery) | <b>Spalovací motory</b><br>Ochrana součástí motoru proti opotřebením/korozi, vstříkovače paliva (kompozity, povrchová úprava, aditiva)  |  |   | <b>Osvětlení</b><br>Energeticky úsporné osvětlení díky anorganickým a organickým světelným diodám (využití nanomateriálů a nano povrchové úpravy, např. kvantových teček)  |
| <b>Biomasa</b><br>Výroba biopaliv z obnovitelných zdrojů umožněná nanooptimalizovanými katalyzátory a metodami  | <b>Elektromotory</b><br>Nanokompozity pro supravodiče a magnetické materiály  |  |   |  |

## Příklad

### Solární články

Solární články se aktuálně vyrábějí z polovodičových materiálů a dosahují účinnosti přibližně 10-15 %, což znamená, že na elektřinu nekonvertují tolik sluneční energie, kolik by bylo žádoucí. Ke snížení množství slunečního světla, které solární článek odráží, již byly použity křemíkové částice v nanoměřítku a nová konstrukce umožňuje lepší vedení a absorpci světla solárním článkem, nikoli jeho odraz, čímž se zvyšuje účinnost panelu. I když je v současnosti nepoužívanějším materiálem k výrobě solárních panelů krystalický křemík, objevují se nové slibné alternativy jako například perovskit. Perovskitové solární články s nanostrukturou mají v porovnání se stávajícími křemíkovými články pozoruhodně vyšší účinnost, je ale ještě nutno vyřešit určité technologické problémy.

## Příklad

### Větrné turbíny

Větrné turbíny se používají jako vhodný obnovitelný zdroj energie k přeměně větrné energie na elektrickou. Listy turbíny musejí být pevné, aby vydržely obrovské síly, jejichž působení jsou vystaveny, a zároveň lehké, aby se otáčely s vysokou efektivitou. Ochranu hran lopatek lze zajistit jejich provedením z grafenového kompozitu. To prodlužuje životnost hran a chrání je před poškozením, a tedy i snižováním jejich aerodynamické účinnosti. Snižuje se tak pravděpodobnost poškození a šetří se náklady na údržbu, případně není nutno měnit celý list.

# Některé z nanotechnologií využívaných v energetice

V energetice lze využít řadu nanotechnologií. Různé nanomateriály a nanostruktury mohou plnit různé funkce a nabízet širokou škálu využití.

## Definice

### Nanomateriál

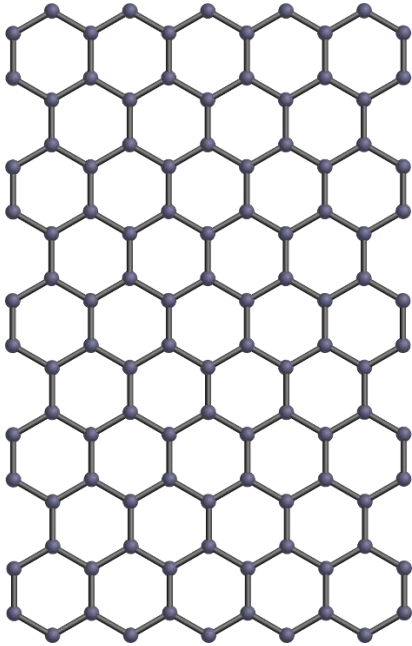
Nanomateriál lze definovat jako materiál, u něž alespoň jeden z rozměrů činí od 1 do 100 nanometrů. Zde se zabýváme především umělými nanomateriály, tedy materiály v nanoměřítku cíleně vyrobenými tak, aby měly konkrétní rozměry a vlastnosti.

### Nanostruktura

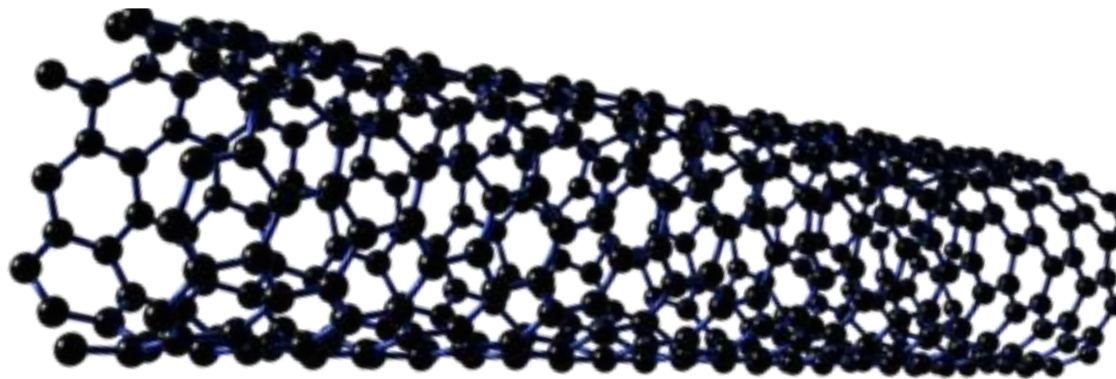
Nanostrukturu lze definovat jako strukturu, u níž alespoň jeden z rozměrů činí od 1 do 100 nanometrů. Příkladem může být jednorozměrná nanostruktura (např. nanotexturovaný povrch), dvojrozměrná nanostruktura, která má v nanoměřítku dva rozměry (např. uhlíková nanotrubička) nebo trojrozměrná struktura, která má v nanoměřítku všechny tři rozměry (např. nanočástice).

V energetice lze využít celou řadu nanomateriálů, přičemž jejich potenciální využití závisí na požadované funkci a fyzikálních vlastnostech materiálu. Některé materiály lze samozřejmě využít pro jejich elektrickou vodivost, jiné pak z důvodu jejich vysoké pevnosti nebo dlouhé životnosti. Určité materiály mají více užitečných vlastností. Nanomateriály se často používají ve spojení s jinými materiály, z nichž mnoho není v nanoměřítku, a rozšiřují jejich funkčnost. Nanomateriál tak lze přidat například do kompozitního materiálu dodat mu vodivost, případně zvýšit pevnost nebo zajistit izolaci. Použitelných nanomateriálů je taková spousta, že zde nelze uvést všechny, ukážeme si tedy jen několik příkladů nanomateriálů, které mohou v energetice najít využití.

**Grafen:** Velmi tenká vrstva uhlíku označovaná jako 2D materiál, protože ji může tvořit velká molekula v jednom směru, ale její tloušťka může činit pouze jeden atom. Grafen se často označuje jako nejtenčí materiál na světě a je také jedním z nejpevnějších a zároveň elektricky vodivý. Pro své zajímavé fyzikální vlastnosti je grafen kandidátem pro širokou škálu využití, mimo jiné i v energetice. Akumulátory s využitím grafenu by mohly být pružné a lehké, zároveň by se mohly rychleji nabíjet a udržet energii po delší dobu. Kromě nízké hmotnosti a vysoké pevnosti má grafen také velkou povrchovou plochu, takže dokáže pojmout více energie. Je tak ideálním kandidátem na roli úložiště energie.



**Uhlíkové nanotrubičky:** List z atomů uhlíku stočený do trubice, buď jednotěnné (jeden srolovaný list), nebo vícečetěnné (uhlíkové válce vložené do dalších uhlíkových válců). Uhlíkové nanotrubičky (CNT) mají jedinečné a zajímavé vlastnosti. Funkční vlastnosti různých CNT závisejí na jejich příslušných fyzikálních vlastnostech, například na průměru, délce nebo chiralitě (zatočení). Představují jeden z nejtěžších a nejpevnějších materiálů, jaké lze vůbec vyrobit, jsou například mnohem pevnější než ocel, ale zároveň lehké. Díky těmto vlastnostem lze skvěle využít jako výtuhu kompozitních materiálů, například při výrobě listů větrných turbín, jimž dodávají na pevnosti. CNT mají také velký potenciál v oblasti uchovávání energie, kde lze použít místo grafitových elektrod lithium-ion akumulátorů. CNT mohou být mnohem tenčí a lehčí, navíc jsou vysoce vodivé, mohly by tedy podstatně snížit hmotnost akumulátorů, což by velmi prospělo například akumulátorům elektromobilů.



**Nanočástice stříbra:** Stříbro se kvůli své vysoké ceně na první pohled nezdá být vhodným materiálem k použití při výrobě nebo uchovávání energie. V nanoměřítku ale může i malé množství materiálu znamenat velmi mnoho! Nanočástice stříbra označované jako AgNPs jsou vysoce elektricky vodivé. Elektrická vodivost stříbra činí  $6,30 \times 10^7$  m/ohm, zatímco v případě mědi je to  $5,96 \times 10^7$  m/ohm. Stříbro je tedy lepší vodič. Je tak ideální pro použití v tištěné elektronice, kde lze přidávat do inkoustu a

vytvářet tak vodivé spoje. Použití inkoustu s obsahem AgNPs se zvažuje i při výrobě solárních panelů, kde by možnost jejich výroby tiskem místo tradiční fotolitografie celý proces urychlila a zlevnila.

## Nanotechnologie v automobilovém průmyslu

Pro některé účely, například v dopravě, je třeba uchovat energii pro použití v určitém čase. U automobilů se proto používá palivo v podobě benzínu nebo nafty, z něhož se následným spalováním uvolňuje energie k pohonu osobních i nákladních automobilů. A právě úložiště energie v automobilech je jednou z oblastí, kde se o nanotechnologiích hovoří jako o převratné technologii, která přinese obrovský užitek nám všem. Kromě efektivnějšího uchovávání energie má velký smysl i její efektivnější využívání, a tedy snižování energetických ztrát. A to je další oblast, kde mohou mít nanotechnologie velký vliv.

### Nanotechnologie v bateriích pro elektromobily

Baterie všichni známe z mnoha produktů, které běžně používáme, od mobilních telefonů po automobily. Všude, kde je potřeba elektrická energie, najdeme baterie. Baterie přijdou na mysl prakticky každému člověku při zmínce o úložištích energie, najdeme je ve spoustě různých tvarů a velikostí a využíváme je k mnoha různým účelům.

Osobní automobily produkují přibližně 12 % všech emisí oxidu uhličitého v EU, proto v roce 2035 vstoupí v účinnost zákaz prodeje nových vozů s pohonem na fosilní paliva. Cílem je podpořit přechod na bezemisní systémy pohonu, což znamená potřebu rychlého přechodu na alternativní zdroje energie pro dopravu, a tedy nevyhnutelný růst počtu automobilů s bateriovým elektrickým pohonem. Baterie automobilů budou muset být výkonné a lehké. A právě nanotechnologie mohou poskytnout materiály, které jsou schopné dobře uchovávat energii a neváží mnoho.



Nanotechnologie mají více způsobů využití v baterii. Zvýšení množství energie, které baterie pojme, a zkrácení doby nabíjení lze dosáhnout pokrytím povrchu elektrod nanočásticemi, čímž se zvětší povrchová plocha elektrody a mezi elektrodou a chemikáliemi v baterii může protékat více proudu. Případně lze stávající grafitové elektrody v lithium-ion bateriích nahradit CNT, které dokáží zdvojnásobit kapacitu.

Na nové technologie akumulátorů je zaměřena celá řada probíhajících výzkumných projektů v akademickém prostředí i v průmyslu. Překážkou bránící masovému rozšíření v automobilech je cena výroby nanomateriálů ve velkém množství. Vyřešení této výzvy pomůže zpřístupnit tyto technologie pro elektromobily nové generace.

### **Odlehčování automobilů pomocí nanotechnologií**

Může se zdát, že odlehčování automobilů s energií nijak nesouvisí. Pokud ale bude vůz lehčí, bude k jeho pohonu potřeba méně energie. Odlehčení vozů s pohonem na fosilní paliva pomůže snížit množství spalovaného paliva, a tedy i produkovaných emisí CO<sub>2</sub>. Odlehčení elektromobilů pomáhá zmenšovat baterie potřebné k jejich pohonu, což s sebou nese nižší výrobní a prodejní cenu. Odlehčit vůz ale neznamená jen použít nejlehčí dostupný materiál, jinak bychom všichni jezdili v papírových autech! Musíme myslet i na bezpečnost a používat materiály, které jsou lehké i pevné zároveň.

Nanomateriály nabízejí několik možností, jak odlehčit karoserie vozů. Nanokompozity zajišťují úsporu hmotnosti a nabízejí velmi příznivý poměr hmotnosti a pevnosti. Již nyní lze vyrábět polymerní nanokompozity využívající nano plnivo, například nano jílu nebo CNT s polymerní maticí. Přidáním nanomateriálů se zvyšuje pevnost polymeru, ovšem hmotnost neroste tak jako u tradičních polymerních plniv. Pravděpodobně bude možno využít i nanomateriály přidávající další funkci, například elektrickou vodivost, což umožní nahradit u vozů budoucnosti elektrickou kabeláž. Použití nanomateriálů by mohlo uspořit až 20 % hmotnosti a v některých případech i více, a tedy i snížit množství energie potřebné k pohonu vozu.

|  |
|--|
| <b>Definice</b>  |
| <b>Nanokompozit</b><br>Materiál, v jehož složení jsou vedle standardních materiálů obsaženy i nanomateriály. V přírodě mezi takové materiály patří kosti v lidském těle. Příklady umělých nanokompozitů zahrnují polymerní nanokompozity, což jsou plasty s příměsí nanomateriálů rozšiřujících jejich funkčnost – například zvyšují pevnost materiálu, do něž jsou přidány. |

### **Zlepšování chodu motorů**

Asi 10-15 % paliva spotřebovaného motory je vynakládáno na překonání tření mezi vzájemně se pohybujícími součástmi. Tření vzniká ve stávajících motorech na fosilní paliva, například při pohybu pístu vůči stěně válce, ale bude problémem i u elektromobilů, protože i ty mají například hnací hřídele. Energetické ztráty způsobené třením lze snížit použitím nanotechnologií, které pomohou snížit dopad tření a zvýší tak energetickou účinnost vozů.



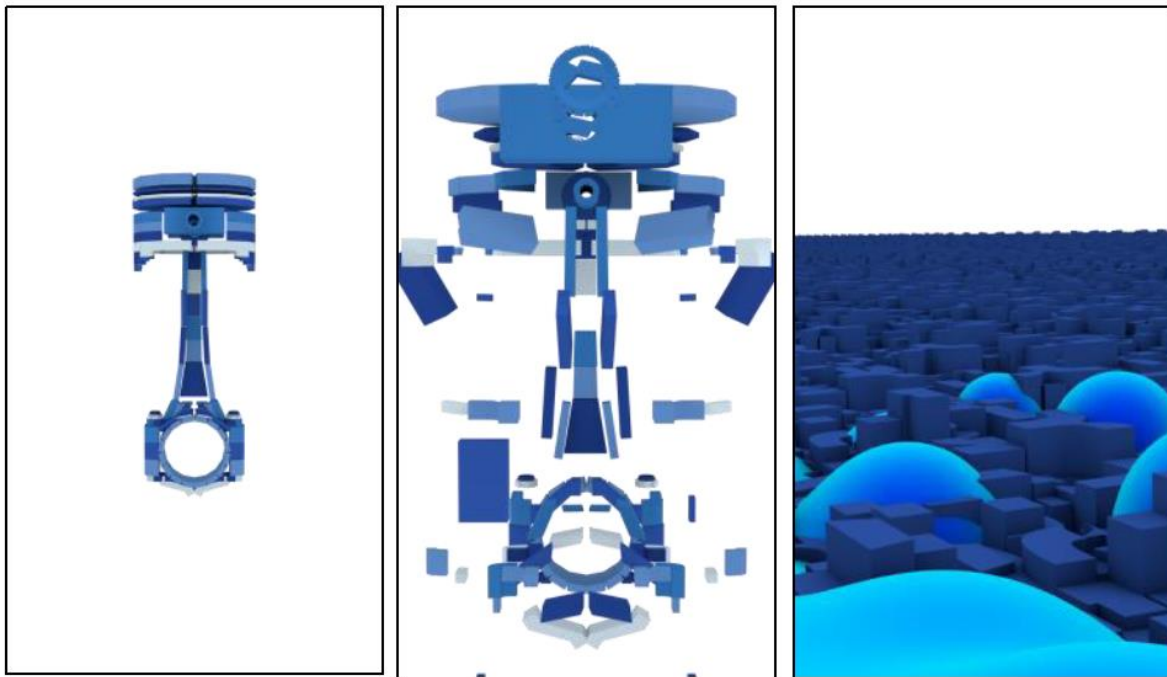


Nano povrchová úprava pístů a válců může snížit tření vznikající při pohybu pístů. Nanokrystalická povrchová úprava s využitím nanomateriálů v podobě karbidu železa a boridu o velikosti 60-130 nm vytváří mimořádně tvrdý povrch s nízkou hodnotou tření. Tuto tribologickou úpravu zvažuje celá řada výrobců automobilů ke zvýšení palivové hospodárnosti.

#### **Definice**

#### **Tribologie**

Tribologie studuje styk mezi povrchy a interakci vzájemně se pohybujících povrchů. Zkoumá účinky tření, mazání a opotřebení na tyto povrchy. Ve vztahu k celé řadě mechanických soustav, kde se součásti třou o sebe, je znalost tribologie velmi důležitá.



Nano povrchová úprava pístu ukazuje interakci povrchu s mazivem (převzato z projektové animace SeeingNano <https://www.youtube.com/watch?v=9uwGSv7oN8w> sdílené na základě licence Creative Commons)

## 1. Ukotvení znalostí

### Shrnutí

Stručně jsme se podívali na celou řadu příkladů využití nanotechnologií v energetice. Dozvěděli jsme se, že nanotechnologie najdou uplatnění v celém energetickém řetězci od výroby energie přes její uchovávání po efektivní využívání. Odklon od fosilních paliv je nutný ke zmírnění dopadu klimatické změny a také proto, že zásoby těchto energetických zdrojů nejsou nekonečné. Přechod na obnovitelné zdroje energie znamená, že jako společnost budeme potřebovat nové technologie, které nám umožní využívat tyto zdroje efektivněji. Například vítr a Slunce nejsou jako zdroje energie konstantní a silně závisí na počasí. Budeme tedy muset najít nové způsoby uchovávání energie k pozdějšímu využití jak v domácnostech, tak v dopravních prostředcích.

V energetice lze využít celou řadu nanomateriálů. Přiblížili jsme si tři z nich – grafen, uhlíkové nanotrubicce a nanočástice stříbra. Nanomateriály mají příznivé funkční vlastnosti, například pevnost, elektrickou vodivost a nízkou hmotnost. Podívali jsme se také na dopravu a zjistili, že i tam mají nanotechnologie široké možnosti uplatnění. Můžeme je použít k uchovávání energie v akumulátorech elektromobilů. Mohou také přispět k odlehčení automobilů, k jejichž pohonu je pak potřeba méně energie. A konečně mohou zvýšit efektivitu vozů díky snížení tření vznikajícího mezi pohyblivými součástmi motorů.

Neobsáhli jsme ani zdaleka všechny možnosti využití nanotechnologií a neuvedli jsme všechny příklady, které jsou aktuálně k dispozici na trhu. K poznání širokého uplatnění nanotechnologií v energetickém sektoru vede ještě dlouhá cesta. Nanotechnologie nejspíš nejsou jediným způsobem využití technologií v boji s klimatickou změnou a v přechodu od fosilních paliv k obnovitelným zdrojům energie. Škála nanotechnologií je ale velmi široká a rozhodně mají svůj význam v celém energetickém řetězci.