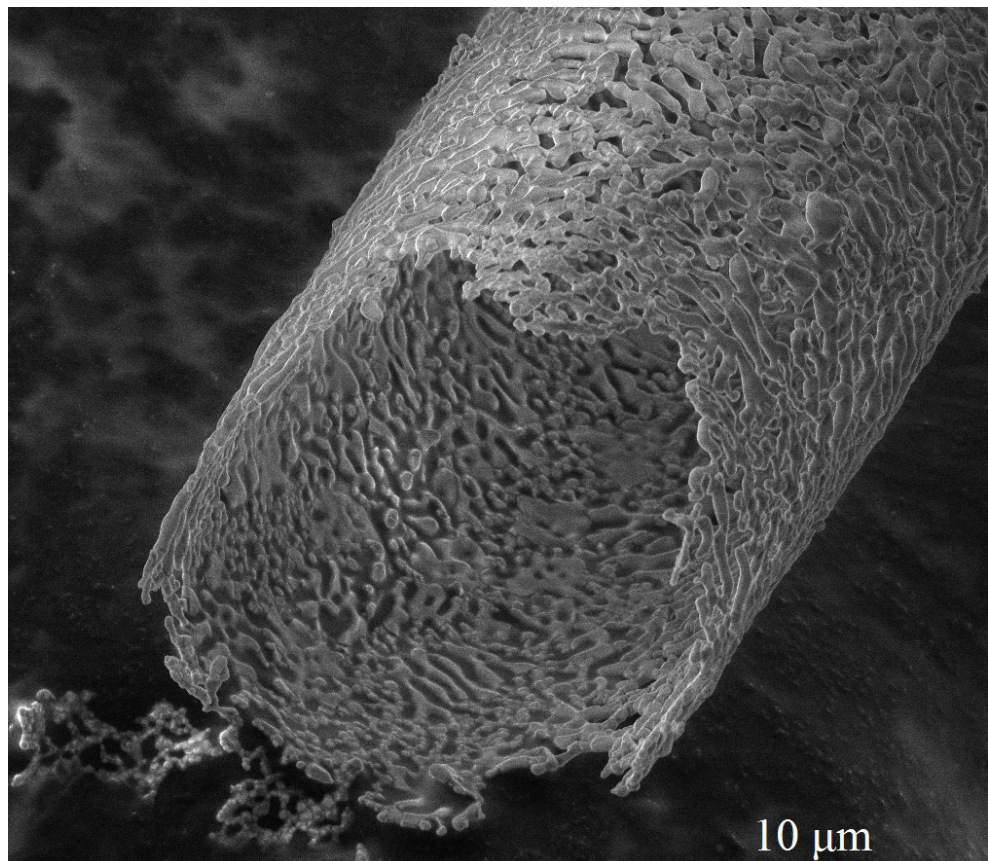


# NANOarch



01 nanotechnologie  
+ architektura

LIVINE HAMDANIEH

Diplomová práce I Teoretická část  
Architektura a urbanismus I 2. ročník MSP I 2019/2020  
Fakulta architektury Vysoké učení technické v Brně  
Vedoucí práce: Ing. arch. Petra Žalmanová, Ph.D.

DEFINICE NANOTECHNOLOGIE  
HISTORIE NANOTECHNOLOGIE  
NANOTECHNOLOGIE VE STAVEBNICTVÍ

**OBSAH** nanotechnologie  
+ architektura

- 00** Abstrakt
- 01** Definice nanotechnologie a nanomateriálů
- 02** Historie nanotechnologie a nanomateriálů
- 03** Fullereny a nanotrubky
- 04** Aplikace nanotechnologie ve stavebnictví
  - 04a** Nanobeton
  - 04b** Nano-nátěry
    - 04b1** Samočistící nátěry s lotosovým efektem
    - 04b2** Fotokatalytické nátěry
    - 04b3** Easy - to - clean
    - 04b4** Antibakteriální nátěry
  - 04c** Nano-izolace
    - 04c1** Vakuové izolační panely (VIP)
    - 04c2** Aerogel
    - 04c3** Phase change materials (PCMs)
  - 04d** Čištění vzduchu – exteriér/interiér
  - 04e** Nano-optika
  - 04f** Ohnivzdornost - nanotechnologie
  - 04g** Antigraffiti
- 05** Architektura inspirovaná nanotechnologií
- 06** Budoucnost nanotechnologie

## Abstrakt

Podle Global Status Report (2017) a vydaného (2017) vydaného OSN, stavby a jejich budování spotřebovávají až 36% z celkových zásob světové energie. Pro dosažení cílů v oblasti změny globálního klimatu celosvětově dohodnutých v prosinci 2015 v Paříži (Pařížská dohoda o změně klimatu) by do roku 2030 mělo dojít ke snížení energetické náročnosti na metr čtvereční globálního stavebního sektoru alespoň o 30%.

Posun směrem k udržitelným budovám a stavebnictví („sustainable building“), je nezbytný, pokud chceme minimalizovat negativní dopad, který má výstavba na životní prostředí. Bohužel, aktuální stav není na úrovni, na které by měl být, aby se dosáhlo vytyčených cílů a udržel se krok s rychle rostoucím sektorem stavebnictví. „V příštích 20 letech, má být postavena více než polovina všech budov naplánovaných k výstavbě do roku 2060. Ještě znepokojivější je, že dvě třetiny z těchto nově postavených budov, budou postaveny v zemích, které aktuálně nemají žádné povinné standardy pro výstavbu budov s minimální energetickou náročností.“ (OSN Global Status Report, 2017)

Nanotechnologie nabízí nové technologie, které přispívají ke snížení skleníkového efektu a zmírnění klimatických změn. Použití nanotechnologie ve stavebnictví je úzce spojeno s udržitelností. Navrhování energeticky úsporných staveb je nezbytné pokud chceme dosáhnout snížení spotřeby energie a negativních dopadů na životní prostředí.

## 01 nanotechnologie + architektura

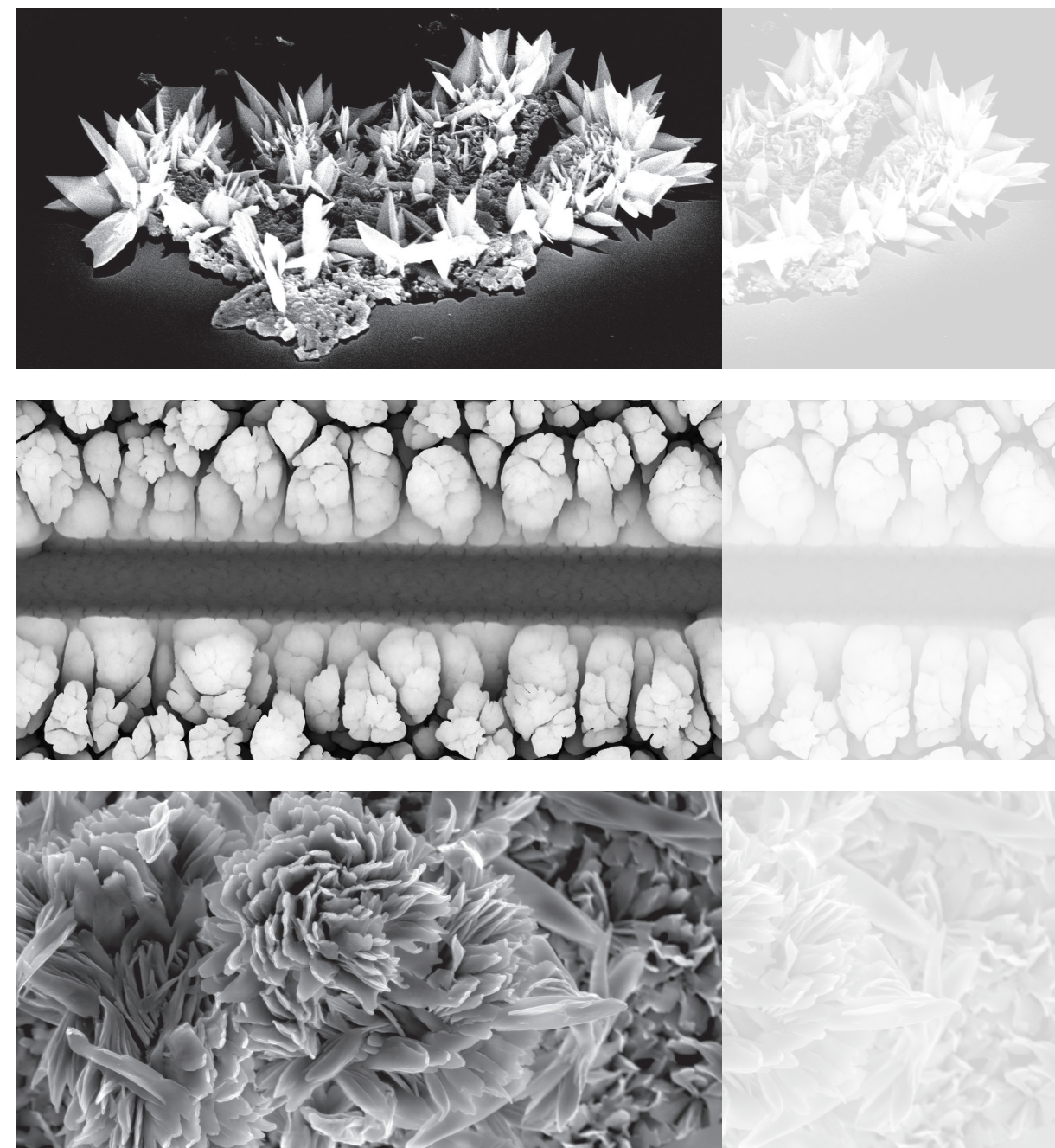
### Definice nanotechnologie a nanomateriálů

Nano je odvozeno z řeckého slova „nanos“, což v překladu znamená trpaslík. Nano odpovídá miliardtině celku, tedy 1 nanometr je  $10^{-9}$  metru. Pro lepší porozumění si můžeme představit, že lidské nehty rostou rychlostí 1 nanometr za sekund, 1/80 000 průměru vlasu člověka představuje 1 nanometr, nebo že struktura o rozměru 100 nanometrů je svojí velikostí v takovém poměru k fotbalovému míči, jako je fotbalový míč k zeměkouli. Nanostruktury (*struktury a částice o rozměrech 1nm až 100 nm*) představují základní stavební jednotky nanomateriálů. Zkoumání vlastností nanostruktur se zabývá nanověda. Nanověda zahrnuje oblast fyziky, chemie, inženýrství a molekulární biologie. Nanotechnologie je interdisciplinární technologie, která se zabývá cílenou manipulací na úrovni atomů a molekul, která umožňuje vytvářet materiály s úplně novými vlastnostmi nebo s vlastnostmi vylepšenými.

Nanotechnologie nám tedy umožňuje design materiálů s předem danými vlastnostmi, které máme schopnost kontrolovat. Nanomateriál je uměle vytvořená nanostruktura, která má zásadní význam pro funkci a vlastnost materiálu.

Přírozeně se nanočástice a nano-struktury vyskytují v podobě např.: bílkovinách (5-50 nm), virech (10-200 nm) nebo dvojité šroubovice DNA, která tvoří genetický materiál, a která je stočena do chromozomu o velikosti přibližně 5  $\mu\text{m}$ . Dalším příkladem nanotechnologie v přírodě je biomineralizace - biogenní magnetické nanočástice. V roce 1975 objevil Richard Blakemore magnetotaktické bakterie, které si vytvářejí sférické krystality magnetitu ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) o rozměru 50 nm.

Nanotechnologie má široké spektrum uplatnění. V současnosti se nanotechnologie využívá v oblasti medicíny, informačních a komunikačních technologií, stavebnictví, potravinářství, kosmického výzkumu, textilního a chemického průmyslu, energetiky a péče o životní prostředí. Velká škála stavebních materiálů je upravena pomocí nanotechnologie – samočistící okna, flexibilní solární panely, a mnoho dalších, které jsou ve vývoji jako je např. beton, který je schopen sám zacelit své praskliny nebo materiály blokující UV a infračervené záření.





Nanotechnologie je skupina technologií, které metodami top-bottom (shora dolů) a bottom up (zdola nahoru) konvergují k nanorozměrům.

V současnosti můžeme nanotechnologii rozdělit do čtyř hlavních oblastí:

- nanoelektronika
- nanomateriály
- molekulární nanotechnologie
- mikroskopy pracující s rozlišitelností v nanometrech

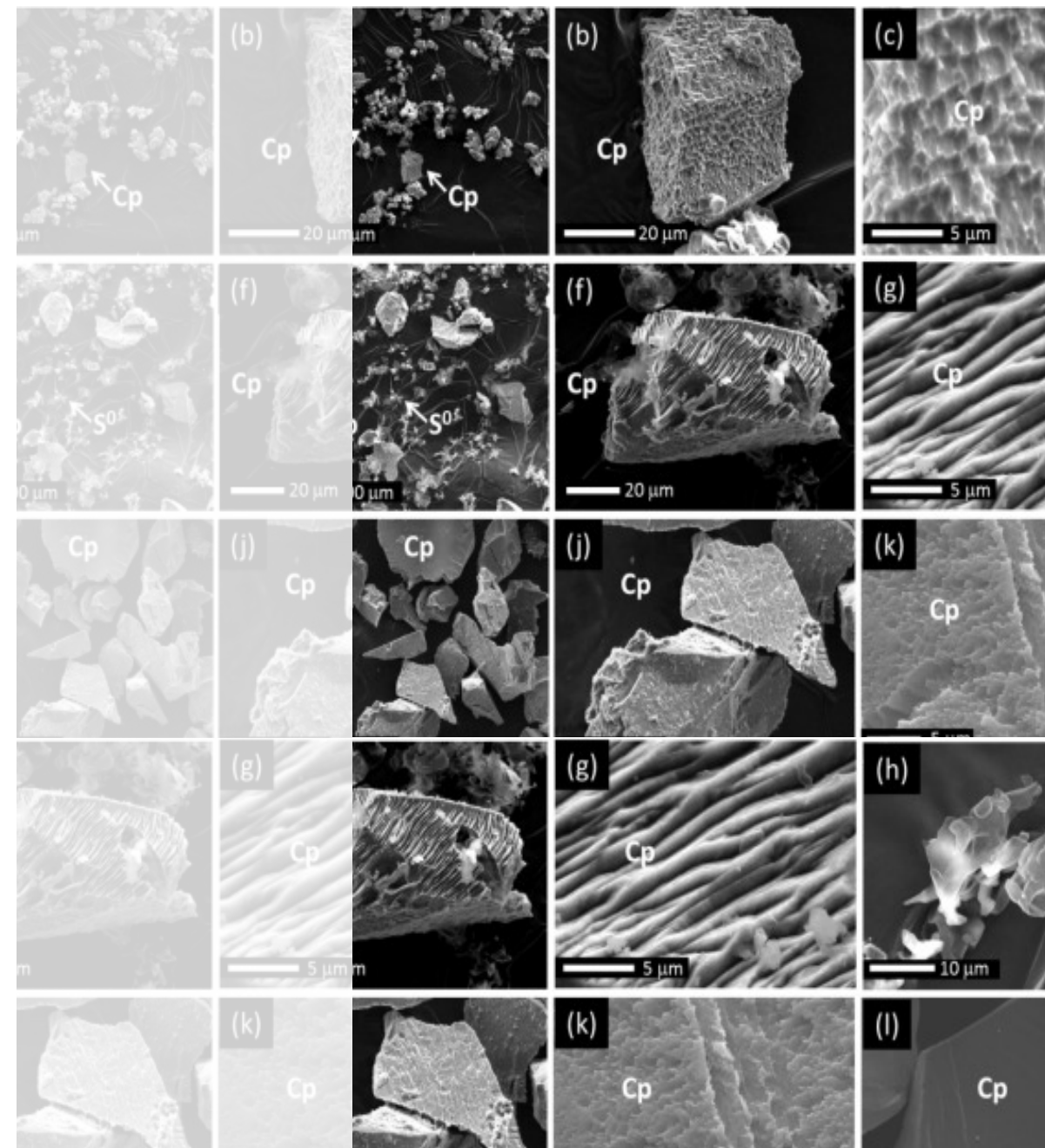
Nanomateriály mají následující společné znaky:

- Stavebními jednotkami jsou nanočástice s definovanými vlastnostmi (rozměr, tvar, atomová struktura, krystalinita, mezifázové rozhraní, homogenní/heterogenní složení a chemické složení)
- Jsou uspořádány v makroskopických multi-klastrových materiálech. Chemicky identické částice mohou být kompaktovány za vzniku hranic zrn. Částice mohou být oddělené nebo spojené koalescencí nebo podložkou a vytvářejí: nanodrátky, nanotrubičky, nanokompozity, keramické nebo jiné tenké filmy a vrstvy.
- Stavební jednotky a jejich topologie mohou sloužit pro vytváření rozměrnějších materiálů vhodných pro technické aplikace.



Nanotechnologie je dále spojována se třemi základními koncepty:

- Koncept samo(sebe)replikace a samo(sebe) replikujících se výrobních systémů. Systémy by měly být schopny výroby užitečných produktů a replikace sama sebe.
- Materiálové inženýrství - výroba materiálů požadovaných vlastností prostřednictvím ovlivňování jejich molekulární struktury.
- Molekulární nanotechnologie, která spočívá v kombinaci poznatků chemie a mechaniky s cílem vytvořit molekulární stroje.



Počátky nanotechnologie můžeme zaznamenat už ve starověku a středověku, kdy skláři přidávali do skel prášky z různých kovů a látek pro dosažení zajímavého barevného efektu skla. Jednalo se především zlato, stříbro, síru a selen. Bylo zjištěno, že tyto látky se ve skle vyskytují ve formě nanokrystalů.

Ve 13.-16. století se kovové nanokrystaly též používaly pro výrobu lesku glazované keramiky - byly použity částice mědi a stříbra o průměru 5-100 nm. Soli mědi a stříbra míchali hrnčíři s octem, okrem a jilem. Touto směsí pak natírali nádoby, které už měly na svém povrchu jednu vypálenou glazuru a znovu se pak vypalovaly. V roce 1861 britský chemik Thomas Graham popsal suspenzi obsahující částice o rozměrech 1–100nm, kterou nazval koloidním systémem a položil tak základ oboru, nazývaného koloidní chemie.

Lycurgovy poháry (4. století n.l.) - pohár, který je v dopadajícím světle zelený a v procházejícím světle červený. Dichroismu je dosaženo obsahem nanočástic slitiny Au - Ag (v poměru 3:7). Saze - vyráběné více než 100 let uměle nedokonalým spalováním organických látek. Jedná se o částice amorfního uhlíku o velikosti 10-500 nm spojené do větších agregátů - nejpoužívanější nanomateriál (plnivo při výrobě pneumatik).

Jedním z prvních průkopníků nanovědy byl americký vědec a nositel Nobelovy ceny Richard Philips Feynman. V roce 1959 Richard Feynman přednesl přednášku na téma *There's Plenty of Room at the Bottom*, která je pokládána za počátek úvah o nanotechnologiích. R. Feynman na své přednášce položil řečnickou otázku: "Proč ještě neumíme zapsat všech 24 svazků Encyklopedie Britanniky na špendlíkovou hlavičku?" Na konci své přednášky R. Feynman vyzval vědecký svět, aby začal prozkoumávat "nanosvět".

- R. Feynman nabídl jeden tisíc dolarů tomu, kdo jako první dokáže zapsat jednu stránku textu běžné knihy na plochu, která bude zmenšena na 1/25 000 původní plochy, přičemž text bude čitelný elektronovým mikroskopem.

- Další jeden tisíc dolarů slíbil vyplatit tomu, kdo zhotoví funkční elektromotor, jenž se vejde do krychličky o hraně 0,4 mm.

Na myšlenky R. Feynmana navázal v 70. letech americký fyzik K. E. Drexler, který je zpopularizoval díky svým knihám "Stroje stvoření: nástup éry nanotechnologie (1986) a Nanosystémy (1992). E. Drexler dále rozpracoval koncept nanotechnologické revoluce a popsal svět miniaturních umělých systémů (nanorobotů), které by se chovaly jako živé organismy, měly by schopnost reprodukce, vzájemné komunikace a sebezdokonalování, přičemž by se jejich velikost pohybovala na molekulární úrovni.

V roce 1981 Gerd Binnig a Henrich Rohrer vynalezli skenovací tunelovací mikroskop (SMT - Scanning Tunneling Microscope), který umožnil vědcům pozorování a manipulaci s atomy a molekulami.

Na konci 90. letech a počátkem roku 2000, téměř všechny průmyslově vyspělé země založily iniciativu na podporu nanotechnologie, což vedlo k celosvětovému rozvoji aktivit v oblasti nanotechnologií. V USA úřad pro vědu a technologii založil insitut Interagency Working Group on Nanotechnology (IWGN), který se skládal ze zástupců různých vládních agentur, včetně letectva, námořnictva nebo NASA. Interagency Working Group on Nanotechnology založila ve spolupráci s akademickou a průmyslovou sférou Národní iniciativu pro nanotechnologii v USA (NNI).

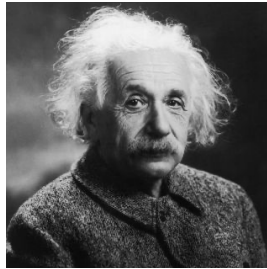
Významného pokroku dosáhla společnost IBM v roce 1990, kdy tým vědců napsal pomocí tunelového skenovacího mikroskopu logo své firmy na niklovou destičku 35 izolovanými xenonovými atomy.

Další průlom nastal v roce 1985, kdy byly objeveny nové tvary pro molekuly uhlíku - *fullereny*, které jsou prostorově uspořádány do kulovitého tvaru a skládají se ze 60 uhlíkových atomů. Fullereny jsou mimořádně odolné vůči vnějším fyzikálním vlivům a připravují se pyrolýzou organických sloučenin laserem. Za objev fullerenů a studium jejich vlastností byla v roce 1996 udělena Nobelova cena Robertu F. Curlovi a Richardu E. Smalleymu a Haroldu W. Krotoovi. Fulleren byl pojmenován podle R. Buckminster-Fullera, architekta, který používá podobné struktury při návrhu konstrukcí.

Objev fullerenu vedl k objevu podobného molekulárního tvaru známého jako uhlíková nanotrubiice (protažený fulleren). Uhlíkové nanotrubiice patří mezi jednu z nejslibnějších oblastí nanotechnologie - uhlíkové nanotrubiice jsou asi 100krát silnější než ocel a 6krát lehčí.

V roce 1995 byla založena společnost Nanocor, zabývající se vývojem nanokompozitních materiálů. O dva roky později (1997) vznikla firma Zyvex - první společnost zabývající se konstrukcí mechanismů. Rozluštění lidského genomu vedlo k vytvoření prvního nanomotorku na bázi DNA (Bell Labs) v roce 2000. První komerčně vyráběný nanotechnologický produkt byl zhotoven v roce 2004. V návaznosti na stále rostoucí pokrok v oblasti nanotechnologií, OSN v roce 2015 schválila celosvětový Protokol, zabraňující zneužití nanotechnologie.

1905



Albert Einstein stanovil průměr molekuly cukru na 1 nm

1935



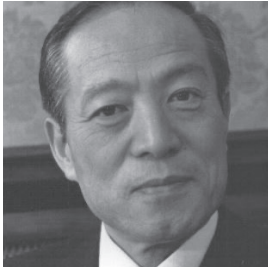
E. Ruska a M. Knoll vyvinuli první elektronový mikroskop umožňující zobrazit objekty menší než 1 nm

1959



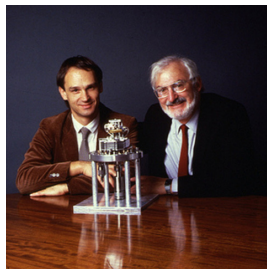
R. Feynman předložil první vizi nanotechnologie - *There is plenty of room at the bottom*

1974



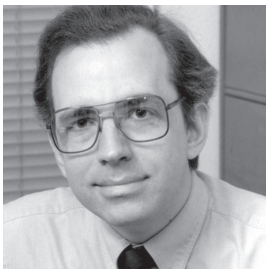
Norio Taniguchi jako první použil termín "nanotechnologie"

1981



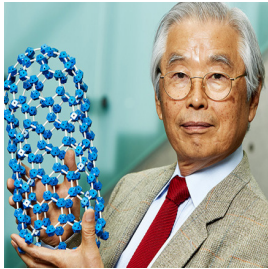
G. Binning a H. Rohrer vynalezli STM (scanning tunneling microscope)

1986



Eric Drexler zpopularizoval nanotechnologii - kniha *Stroje stvoření*

1991



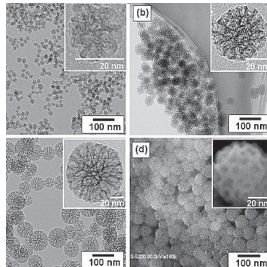
Somio Iijima vynalezl uhlíkové nanočástice

2000



Založení instituce NNI (The national nanotechnology institute) v USA

2000



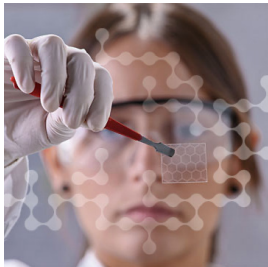
Použití nanočástic jako target drug do nádorové tkáně in vivo

2004



Royal Society Report o důsledcích nanotechnologie

2004



Studium účinků nanomateriálů na životní prostředí a organismy

2010 2011



Položeny základy nanovýroby

1. molekulární nanosystém s vlastní inteligencí (assembler)



### 03 nanotechnologie + architektura

#### Fullereny a nanotrubky

Nanotechnologie umožňuje přesné určení umístění atomů včetně vazeb, kterými se váže na okolní atomy, proto je možné vytvořit strukturu z velice pevných kompaktních částic, s nejpevnějšími možnými vazbami - jako ideální prvek se zatím ukazuje uhlík.

Uhlík je nekovový prvek, který se v elementárním stavu jako minerál vyskytuje v přírodě ve dvou základních modifikacích:

- grafit - tvořen uhlíkem krystalizujícím v šesterečné soustavě a patří mezi nejměkčí známé nerosty
- diamant - tvořen uhlíkem krystalizujícím v soustavě krychlové a je nejtvrdším přírodním nerostem

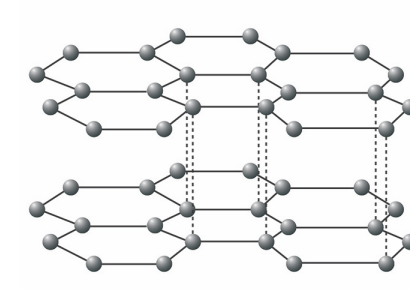
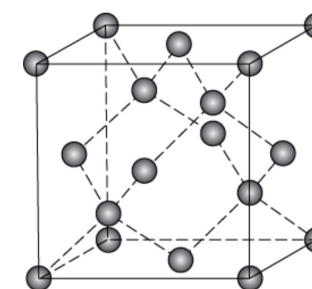
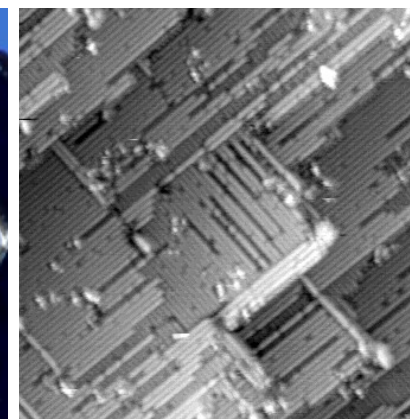
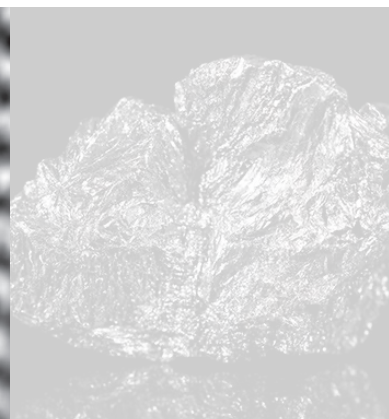
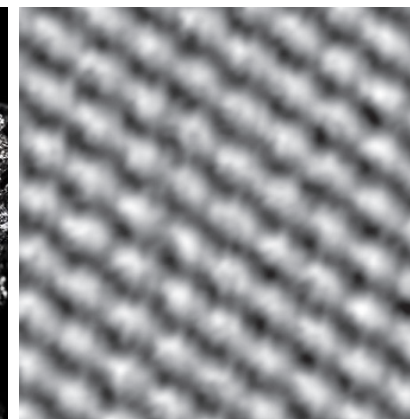
Laboratorně vytvořené modifikace uhlíku:

- fullereny a nanotrubky

Původně se fullerén  $C_{60}$  vyráběl metodou odpařování grafitu v heliu s použitím laseru. Tento proces nebyl kontrolovatelný a nebylo ním možné vyrábět větší množství, které je potřeba ke komerčnímu využití.

V roce 1991 byla vynalezena nová metoda výroby fullerenu, která poskytla základní vědomosti o jejich struktuře, což bylo nezbytné pro realizaci výrobního procesu ve větším měřítku. Nová metoda syntézy spočívá v hoření uhlovodíkového paliva při podtlaku a umožnila i přípravu vyšších fullerénů. Nejsnázeji a nejlevněji se stále vyrábí  $C_{60}$  (100 USD /gram, čistota C nad 99,9 %). Od objevu fullerénů a jejich vlastností probíhá výzkum jejich uplatnění v nanotechnologiích, nanomedicíně a biologických aplikacích. Fullereny a jejich deriváty jsou komerčně přístupné a vyrábí je řada firem. Například společnost SES Research z Houstonu, dodává  $C_{60}$  ve třech jakostech za cenu 45 – 190 USD/gram a  $C_{70}$  ve třech jakostech za cenu 400 – 525 USD/gram.

Uhlíkové nanotrubičky jsou považovány za nejperspektivnější materiál nanotechnologie. Bylo zjištěno, že nanotrubičky se mohou chovat jako polovodiče, což vedlo k vytvoření molekulárního tranzistoru, který funguje za pokojové teploty. To mělo za následek vznik **oborů/podporu** jako je molekulová elektronika, miniaturizace výpočetní techniky a zvýšení rychlosti počítačů.





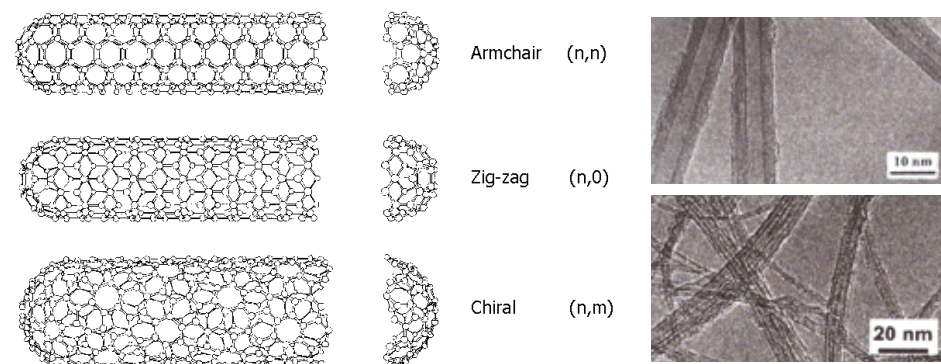
### Fullereny a nanotrúbky

Z nanotrubiček byla vyrobena velmi pevná fólie, která má dobré mechanické vlastnosti (vysoká pevnost), je vodivá a průhledná - grafen, využívaný při výrobě skel. Další vytvořená forma uhlíku je tzv. nanopěna, která je tvořena sítí pospojovaných uhlíkových nanotrubiček dlouhých 5 nm.

Výsledná struktura jednotěnných uhlíkových nanotrubic závisí na směru sbalení dvojrozměrné grafénové vrstvy.

Struktura uhlíkových nanotrubek

- armchair struktura
- zig-zag struktura
- chirální (spirálová) struktura

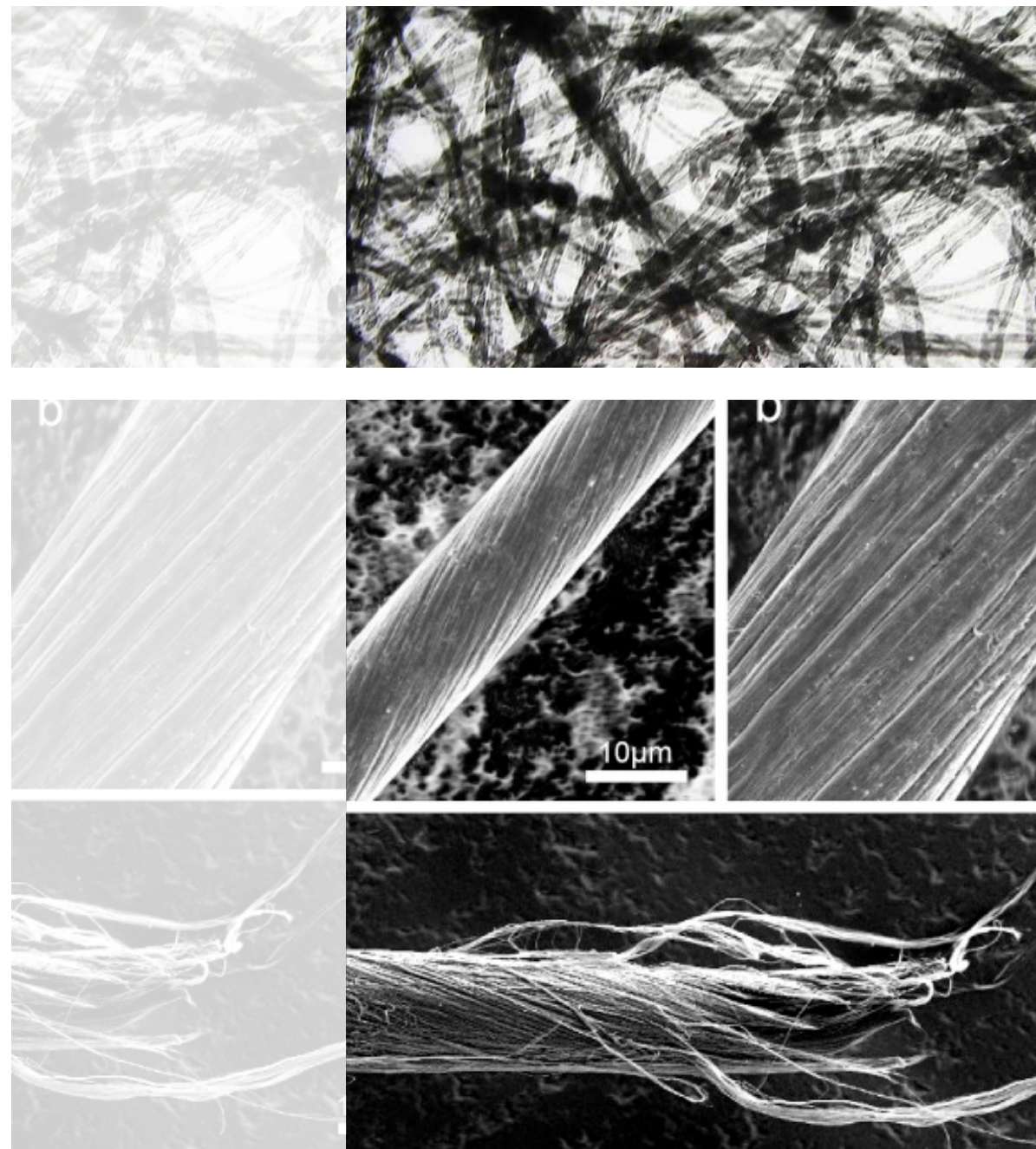


Vlastnosti nanotrubic

- velký poměr průměru (v nm) k délce (v mikrometrech)
- vysoká mechanická pevnost (mez pevnosti 30-60 GPa) a Youngův modul pružnosti (1 TPa)
- vysoká elektrická vodivost
- vysoká tepelná vodivost (1750-5800 W/mK)
- chemicky inertní (odolné vůči silným kyselinám a zásadám)
- extrémně velká povrchová plocha v klastrovém uspořádání
- nízká hustota (1,3-1,4 g/cm<sup>3</sup> podle typu nanotrubice)
- jednotěnné nanotrubice: kovové nebo polovodiče
- schopnost přenášet proudy o vysoké hustotě (10<sup>13</sup> A/m<sup>2</sup>)

Technologie výroby uhlíkových nanotrubic

- výboj elektrického oblouku
- laserová ablace
- chemická depozice par



## 04 nanotechnologie + architektura

### Aplikace nanotechnologie ve stavebnictví

Nanotechnologie je interdisciplinární věda, kterou lze využít v různých odvětvích od medicíny, přes textilní průmysl, enviromentální aplikace, elektroniku až pro energetiku, a i v odvětví stavebnictví. Jedním z nejdůležitějších mezníků využití nanotechnologie ve stavebnictví se stal rok 2004, kdy byl zaznamenán objev grafenu (2D materiálu se supervlastnostmi). Ve stejném roce byl v České republice patentovaný stroj na průmyslovou výrobu nanovlákn Nanospider.

Nanotechnologie je přínosem pro stavební průmysl, především v oblastech základních stavebních materiálů jako je beton, ocel nebo sklo - beton je pevnější a trvanlivější, ocel tužší a sklo má "samočistící efekt". Zlepšení vlastností materiálů je z velké části součástí snahy o snižování negativních dopadů průmyslového sektoru na životní prostředí. Toho je dosaženo jak před konstrukčním procesem - snížení znečištění při výrobě materiálů, tak v provozu - efektivním využitím energie - izolace.

Dvě nanočástice, které jsou "leadrem" při aplikaci na stavební materiály jsou oxid titančitý ( $\text{TiO}_2$ ) a uhlíkové nanotrubičky (CNT). Oxid titančitý se používá pro svou schopnost rozkládat nečistoty nebo zlepšení vlastností betonu.

Uhlíkové nanotrubičky jsou považovány za nejperspektivnější materiál nanotechnologie. Bylo zjištěno, že nanotrubičky se mohou chovat jako polovodiče. což vedlo k vytvoření molekulárního tranzistoru, který funguje za pokojové teploty. To mělo za následek vznik oborů/podporu jako je molekulová elektronika, miniaturizace výpočetní techniky a zvýšení rychlosti počítačů.

"Digitalizace a problematika přechodu ekonomiky postavené na zdrojích na ekonomiku postavenou na znalostech. Je snaha co nejvíce omezit využívání vzácných zdrojů. Jednak snižováním spotřeby surovin vývojem lehčích a odolnějších konstrukcí a potom recyklací." JUDr. Ing. Zdeněk Dufka, ředitel AdMaS centra

Nanotechnologie přispívá k inovacím různých typů stavebních materiálů a výrobků představující důležitý zdroj pro řízení výběru technologických možností a navrhování budov z hlediska ekologické účinnosti.



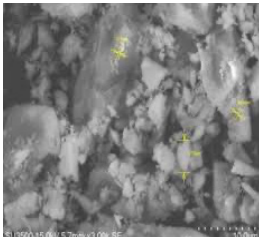


Nano-beton

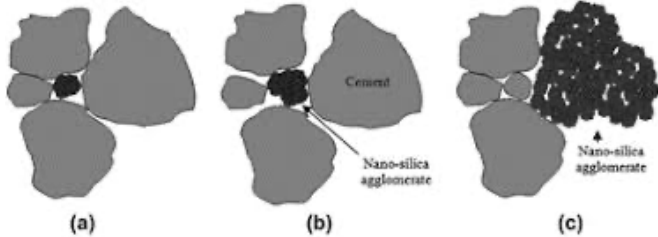
Beton je jeden z nejrozšířenějších materiálů na světě, který časem degraduje. Tento kompozitní stavební materiál je tvořen z pojiva, plniva, vody, přísad a příměsí. Modifikace cementové matrice nanočásticemi zlepšuje vlastnosti betonu a vede k vytvoření lepší struktury, která je méně porovitá a celkově pevnější. Přimícháním uhlíkových nanovláken (CNF) do betonu se dá zlepšit odolnost vůči průniku vody a také mechanické vlastnosti jako např. pružnost v tahu a prodlužuje se i životnost.

Jako přísady se používají hyperplastifikátory na polykarboxylové bázi – získáváme tak beton s velmi vysokými užitnými vlastnostmi a beton se specifickými vlastnostmi (samozhutnitelný beton, vysokohodnotný beton). Hlavní výhodou hyperplastifikátorů je prodloužená doba zpracovatelnosti a velmi nízký vodní součinitel.

Velmi perspektivní je také použití mikro-siliky (odpadní produkt hutnických provozů) jako příměsí. Semletím mikrosiliky na nanočástice oxidu křemičitého, které zajistí vyšší hustotu směsi a dotěsní mikrostrukturu cementového kamene, což příznivě ovlivní výsledné mechanicko-fyzikální vlastnosti – vyšší kvalita a celková trvanlivost betonu. Zvýšením pevnosti betonu je také dosaženo větší odolnosti proti vzniku mikrotrhlin.

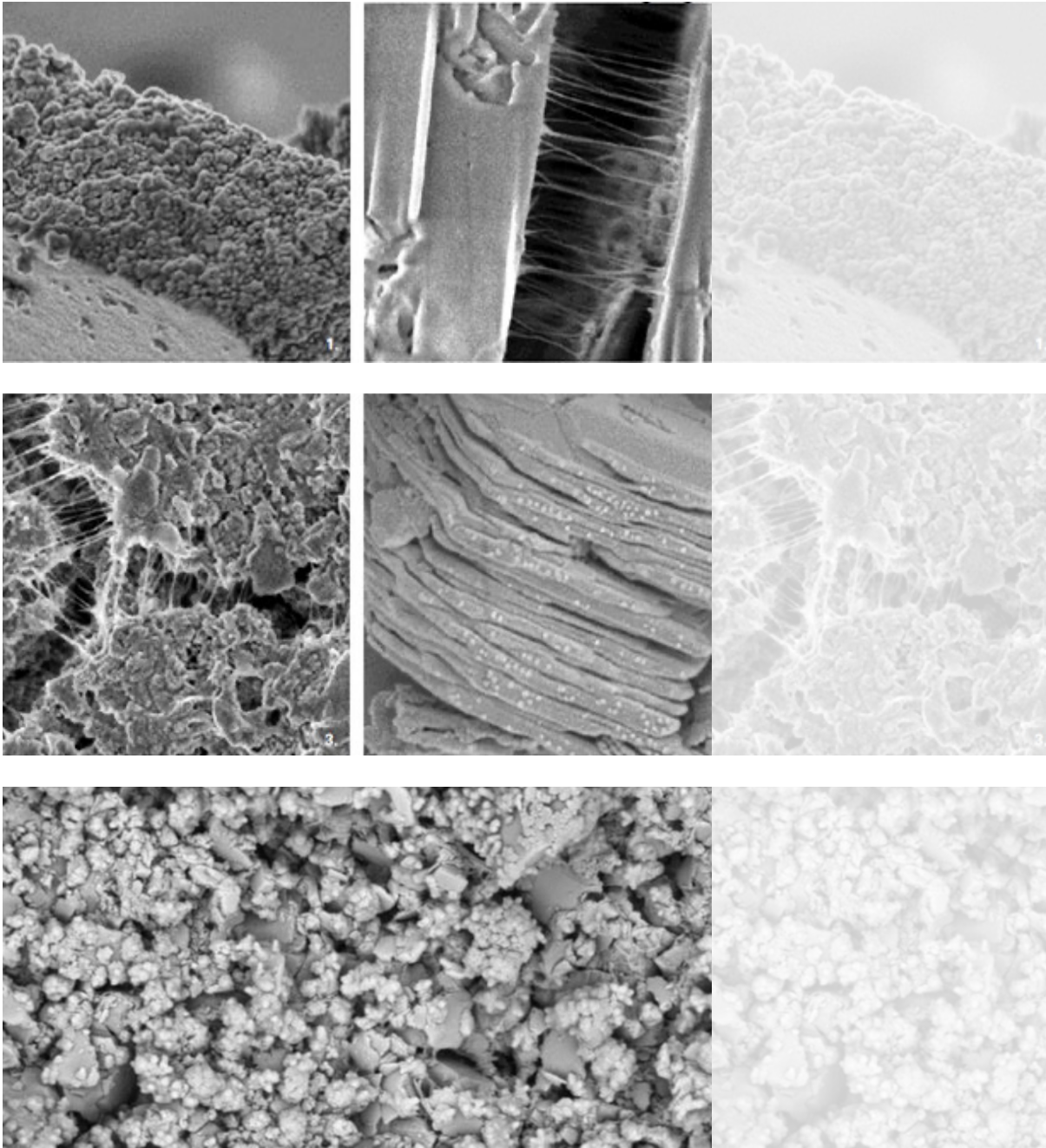


SEM snímek nanosiliky extrahované z horniny



Ilustrace účinků nanosiliky přidané do cementu

Další druh nanočástic přidávaných do betonu pro zlepšení jeho vlastností je oxid titančitý ( $\text{TiO}_2$ ). Oxid titančitý je bílý pigment, který může být využíván jako výborný nano-nátěr. Oxid titančitý se vyznačuje vlastností přitahovat vodu a je tedy hydrofilní - což mu umožňuje dávat povrchům tzv. "samočistící efekt". Modifikovaný beton, který má už i své praktické uplatnění ve světě, je bílé barvy, kterou si velmi efektivně udržuje v porovnání s budovami postavených z betonu bez přidaných nanočástic oxidu titančitého.



Nano-nátěry

V dnešní době lidé tráví většinu svého času uvnitř budov a je proto důležité si uvědomit, že výběr materiálů má efekt na naši pohodu a také zdraví. Především v rodinných domech a bytech vhodným materiálem můžeme významně ovlivnit kvalitu života.

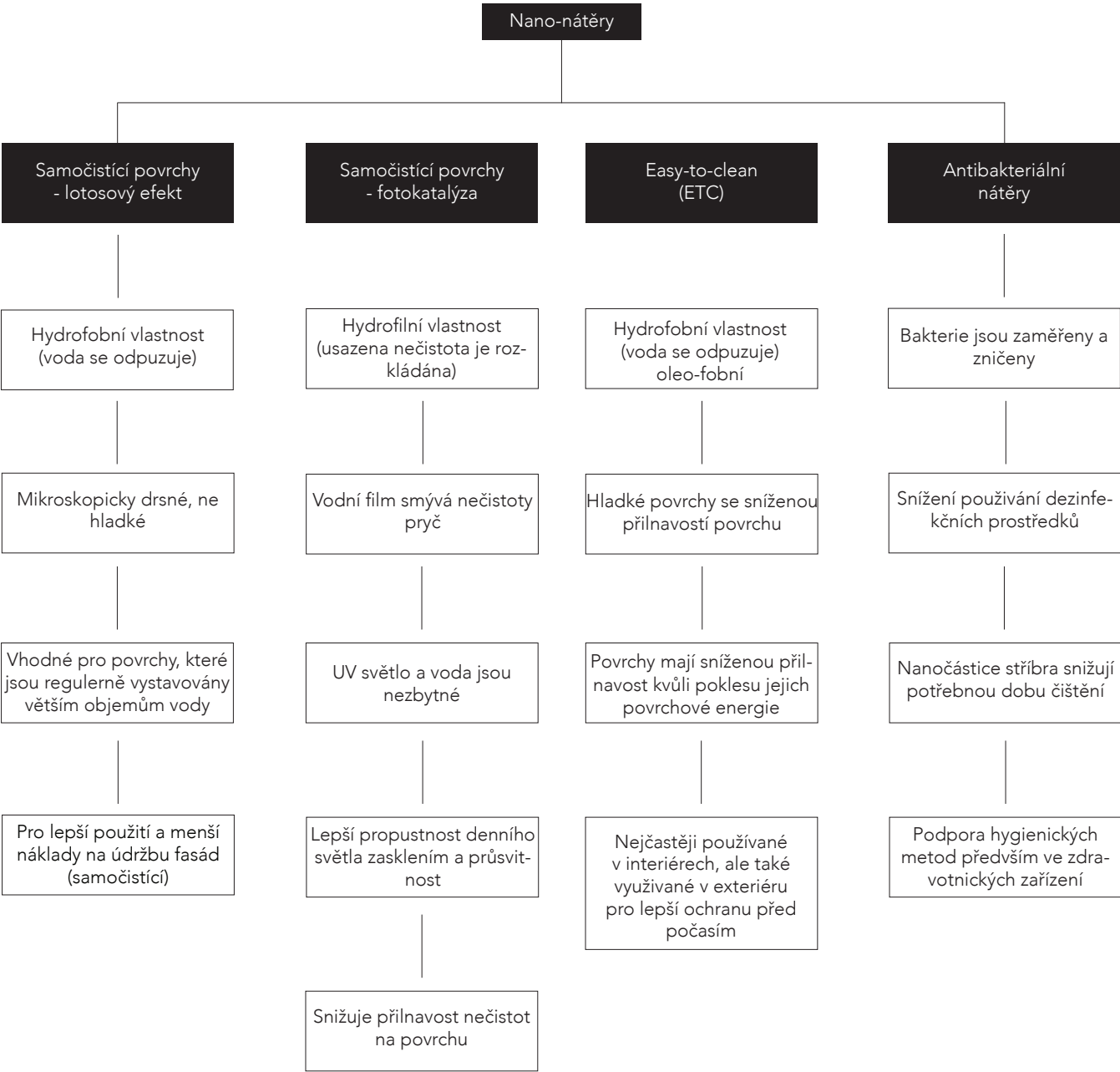
Právě nano-nátěry vedou k lepšímu a zdravějšímu prostředí bydlení. Nano-nátěry pracují na podobném principu jako čističky vzduchu a stačí jimi natřít strop či stěny. Nano-nátěry nabízejí velkou škálu benefitů pro lidské zdraví - antimikrobiální efekt (ničí viry, bakterie a alergeny), který snižuje riziko onemocnění astmatem a přenosu infekčních chorob, likvidují také plísně, extkrementy roztočů a toxické látky, kterou můžou být uvolňovány z nábytku, plastu nebo čisticích prostředků. Aktivovaný natřený povrch je také odolný proti usazování nečistot a má samočisticí funkci, díky níž zachycuje a likviduje i mikroskopické částice špíny rozptýlené ve vzduchu - očištěné plochy zůstávají dlouho čisté, nenanáší se na ně prach a nevytváří se plísně, řasy nebo pavučiny.

Nano-nátěry lze aplikovat ve všech typech nemovitostí - domácnost, kanceláře, nemocnice, školky nebo restaurace. Pro aplikaci jsou vhodné především porézní povrchy např. zdi, kamenné obklady, cihly, imitace kamene a cihel, dřevo, plast atd. V bytech se nátěr aplikuje především na stropy a stěny.

Oproti klasickým technologiím čištění, jako jsou třeba čističky vzduchu či rekuperační jednotky, nemají nano nátěry de facto žádné náklady na údržbu a provoz ani nároky na prostor. Nezabírají žádné místo navíc, jsou naprosto bezhlučné, není potřeba měnit filtry a neprodukují tak žádný odpad. Aby nátěr přestal fungovat, musel by se mechanicky odřít, jinak je jeho funkce prakticky neomezená.

Technologii funkčních nátěrů FN vyrábí česká nanotechnologická firma Advanced Materials JTJ, která vznikla na základě výzkumu českých vědců a je patentována po celém světě. FN nátěry představují ekologickou, certifikovanou a zdravotně nezávadnou nátěrovou technologii bez použití chemických látek.

- Nano-nátěry můžeme rozdělit do čtyř základních skupin:
- a. samočisticí povrchy s lotosovým efektem
  - b. samočisticí povrchy na principu fotokatalýzy
  - c. easy-to-clean (ETC) nátěry
  - d. antibakteriální nátěry





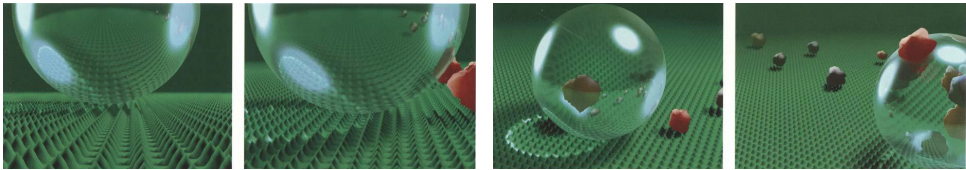
Samočistící nátěry s lotosovým efektem

Lotosový efekt byl pojmenován podle vodní rostliny s plovoucím květem na hladině – *lotosového květu*, který symbolizuje čistotu. I přes neustálé vystavování prachu, špíně a dešti, zůstávají listy lotosové květu čisté. Tenké hrbolky vysoké jednu miliardtinu metru, které se vyskytují na povrchu listů, je chrání před usazováním nečistot a vody. Tato schopnost lotosu udržuje jeho listy stále čisté a suché i za silného deště. Pomocí nanotechnologie vědci vytvořili na principu tohoto efektu povrchy, které jsou voděodolné a mají samočistící vlastnosti.

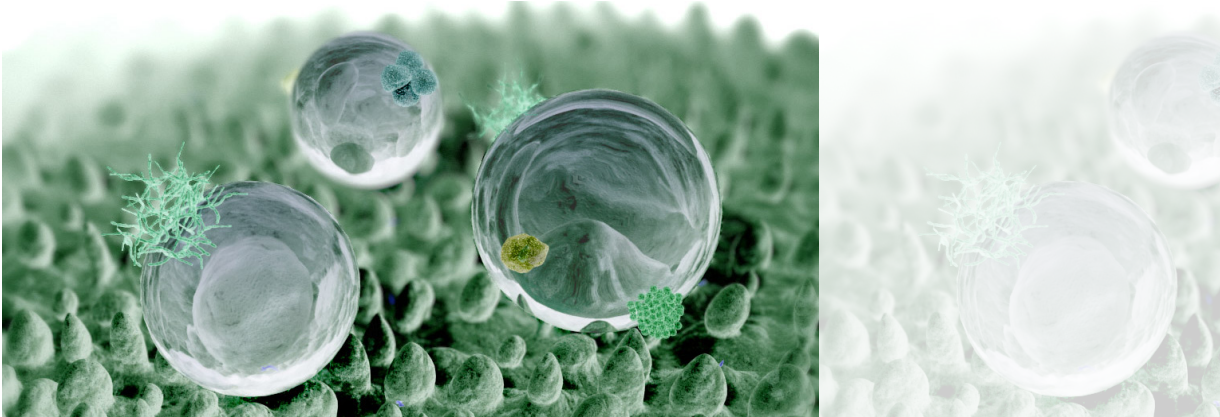
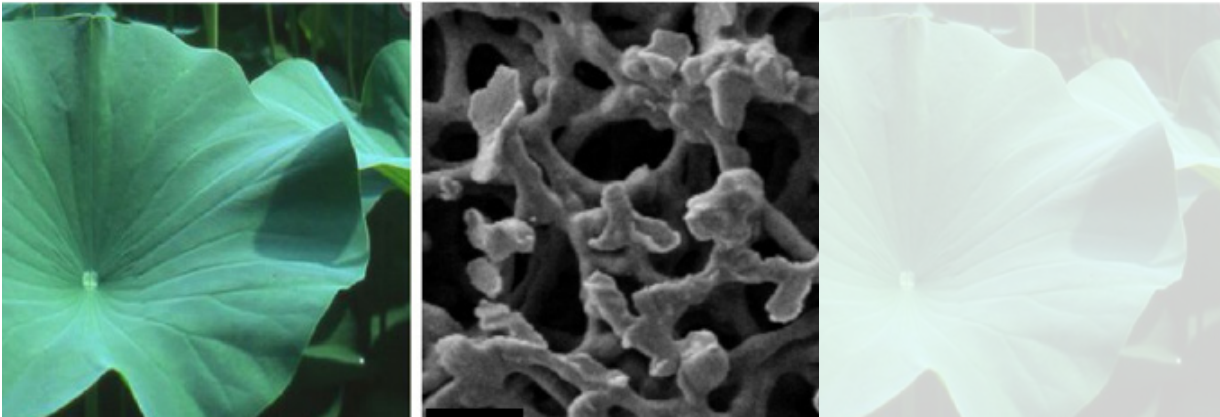
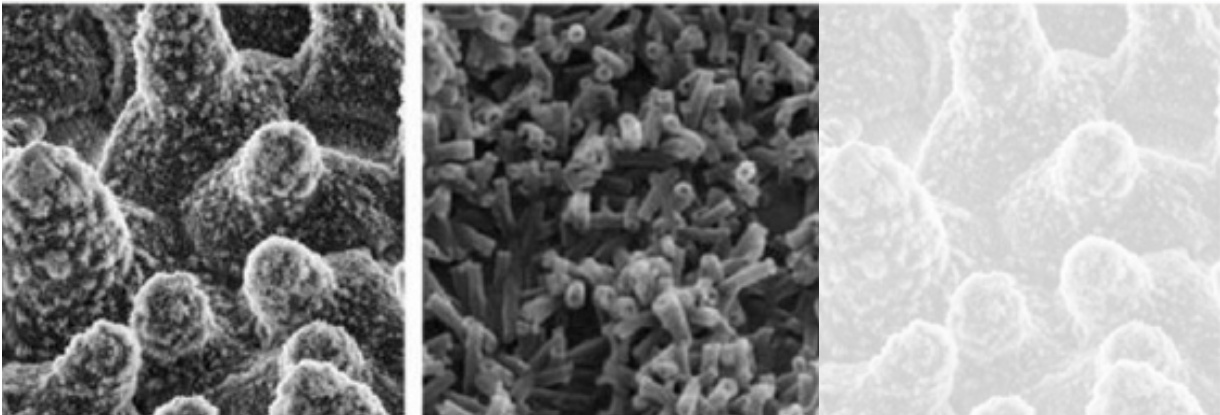
Lotosový efekt, představuje jev, který spočívá v tom, že se na některých typech povrchů struktura vody mění na kapičky, které následně stékají dolů a přitom s sebou berou i nečistoty, usazené na povrchu. Základní vlastností tohoto povrchu je jeho schopnost odpuzovat vodu (hydrofobní vlastnost). Hydrofobní povrch s nízkou přilnavostí vytváří kapičky vody, které stékají po povrchu a spolu s nimi stékají i nečistoty, omývají z povrchu usazeniny nečistot. Povrch je mikro skopicky drsný, ne hladký.

Lotosový efekt je vhodný především pro povrchy, které jsou pravidelně vystavovány velkému množství vody. Lotosový efekt se používá, abychom omezili náročnou údržbu. Současně snížíme i finanční náklady na čištění. Nano ochrana skla a keramiky je efektivní proti usazování špíny a vodního kamene. Samočistící funkce přetrvává až po dobu 5 let bez nutnosti obnovy.

Lotosový efekt se dá také využít ve formě nano impregnace textilu a kůže, nano ochrana skla a keramiky proti usazování špíny a vodního kamene a neviditelné tekuté nano stěrače (na základě testu bylo zjištěno, že zlepšují viditelnost skrze sklo až o 34%).



Princip jakým kapka vody smývá nečistoty pryč - samočistící efekt



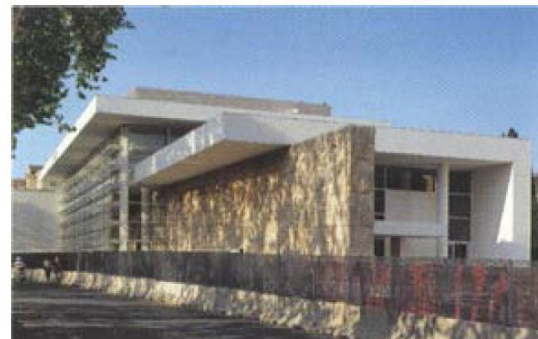
#### Komerční budova, Pula, Chorvatsko

- použití nátěru s lotosovým efektem na fasádu - nečistoty jsou omyty spolu s deštěm



#### Ara Pacis muzeum, Řím, Itálie

- samočistící nátěr použitý na bílé povrchy
- zvýšená odolnost fasády proti nečistotám



#### Soukromá rezidence, Agstall, Německo

- na fasádu byla použita omítka s barvou s lotosovým efektem





### Fotokatalytické nátěry

Fotokatalytické nátěry fungují na principu tzv. „fotokatalýze“ a jejich primárním efektem je snížení míry adheze nečistot na povrchu. Fotokatalýza je chemický proces, při kterém se za přítomnosti slunce a katalyzátoru spouští silný oxidační proces, což vede k rozkladu organických a anorganických látek, které přicházejí do kontaktu s fotokatalytickými povrchy.

Pro svoji funkci fotokatalytické nano-nátěry potřebují pouze dostatek světla - konkrétně UVA záření ve vlnové délce 365 nanometrů. Po celý rok je venku dostatek světelné energie proto v bytě postačí na čas plně otevřít okna, aby světlo mohlo působit na natřený strop či stěny. V tmavých místnostech je potřeba natřené plochy dosvítit uměle pomocí UVA zářivek.

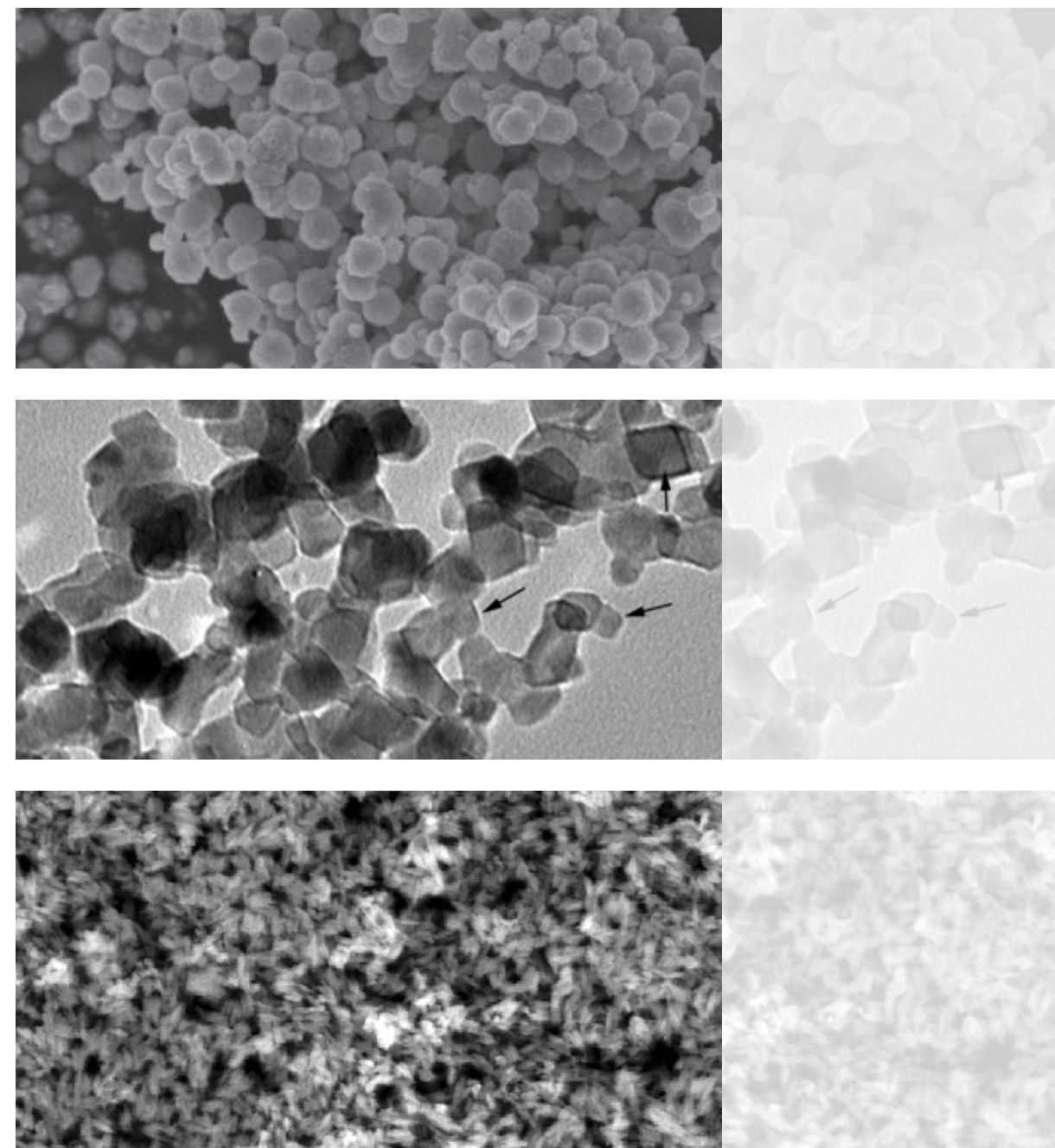
Proces fotokatalýzy - energie ultrafialové složky světla je přeměněna ve fotokatalytický efekt, který působí pouze v povrchové části nátěrové vrstvy do hloubky přibližně 9  $\mu\text{m}$ . Při tomto efektu absorbuje fotokatalyzátor ( $\text{TiO}_2$ ) světelnou energii ultrafialového záření. Na povrchu fotokatalyzátoru se objevují volné elektrony a elektronové díry. Přímá interakce elektronů a elektronových děr s molekulami látek okolního prostředí velmi účinně rozkládá široké spektrum organických materiálů, včetně nečistot (saze, špína, olej, částice), zápachu a brání i usazování a růstu mikroorganismů (bakterie, viry, řasy, plísně, houby).

Nečistoty jsou rozloženy a uvolněny na povrchu. Déšť je dostačující k odstranění nečistot z vnější strany budov. Povrch ošetřený fotokatalytickým nátěrem se vyznačuje vlastností přitahovat vodu, je tedy „hydrofilický“. Voda stéká po povrchu, ne ve formě kapek, jak je tomu u povrchů opatřených „lotosovým efektem“, ale jako „vodní folie“. Tato vodní folie pak opláchne nečistoty pryč. V porovnání s „lotosovým efektem“, jsou tyto nátěry transparentní a při aplikaci na sklo nejsou vidět. Fotokatalyticky ošetřené povrchy nesmí přijít do kontaktu se silikonem a mycími prostředky s obsahem olejů, které ulpívají na skle a tvoří hydrofobní povrch.

Důsledkem absorpce UV záření fotokatalyzátorem  $\text{TiO}_2$  je, kromě výše zmíněného rozkladu organických polutantů, také reakce vedoucí ve vzdušném prostředí k tvorbě povrchových OH skupin. Tím dochází k nárůstu povrchové energie, který vede k významnému zvýšení hydrofility povrchu. Oxid titaničitý se na fotokatalytické reakci podílí pouze jako katalyzátor, proto se nespotřebovává a popisované efekty jsou proto velmi dlouhodobé.

Protože UV světlo je nezbytné pro fotokatalytické nátěry, je jejich použití efektivnější v exteriéru než v interiéru. Fotokatalytické nátěry se tedy využívají především na fasády budov. S fotokatalytickými nátěry se sníží požadavky na údržbu, zmenší se spotřeba čisticích prostředků, sníží opotřebení materiálu a omezí se znečištění životního prostředí. Díky eliminování povrchových nečistot a špíny, okna zůstávají čistější a propouštějí více denního světla do interiéru, tím se výrazně redukuje náklady na osvětlení případně i na teplo.

Použití těchto nátěrů neznamená, že se povrch nemusí čistit vůbec. Dosáhneme, však výrazného prodloužení intervalů mezi čistícími cykly.



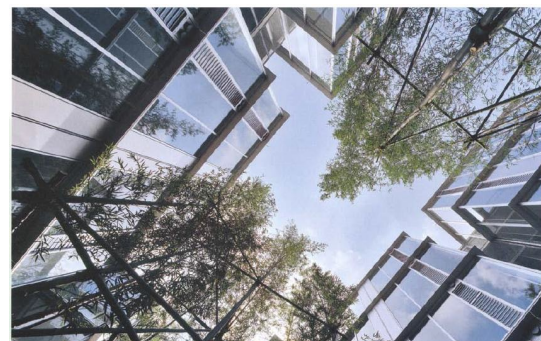
#### Mezinárodní letiště, Tokyo, Terminál 1, Japonsko

- membrány jsou ošetřeny fotokatalytickým nátěrem
- snížení nákladů na čištění a údržbu



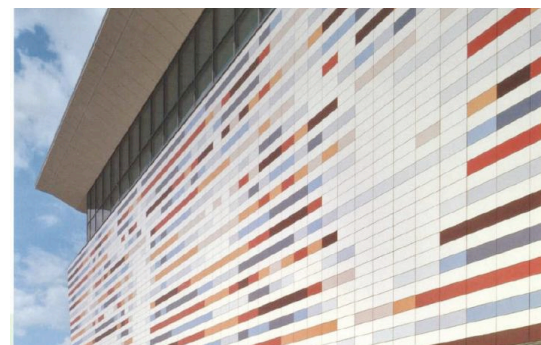
#### G-flat, Tokyo, Japonsko

- fotokatalytické nátěry aplikovány na skleněné plochy (zasklení zůstává čisté a transparentní)



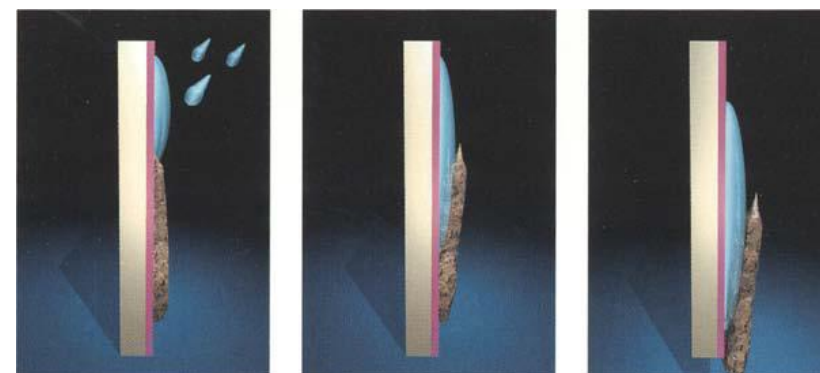
#### Muhammad Ali Center, Kentucky, USA

- k udržení dobrého vzhledu a snížení nákladů na čištění jsou keramické dlaždice ošetřeny fotokatalytickým samočisticím nátěrem
- nátěr byl aplikován na glazuru dlaždic



Fotokatalytická nanotechnologie využívá energii světla, kterou přeměňuje na silný čistící a antimikrobiální efekt.

- zlepšení kvality vzduchu v interiérech staveb (bydlení, hotely, školy, kanceláře, zdravotnická zařízení, restaurace, průmysl)
- zlepšení kvality ovzduší ve velkých městech a průmyslových aglomeracích, kde jsou překračovány imisní limity
- zlepšení ochrany pacientů před přenosem nebezpečných nákaz
- zlepšení čistého vzduchu měst a obcí, lepší ochrana staveb před mikrobiologickým napadením
- efektivní čištění vody od nízkých koncentrací velmi nebezpečných organických látek (herbicidy, pesticidy, antibiotika)



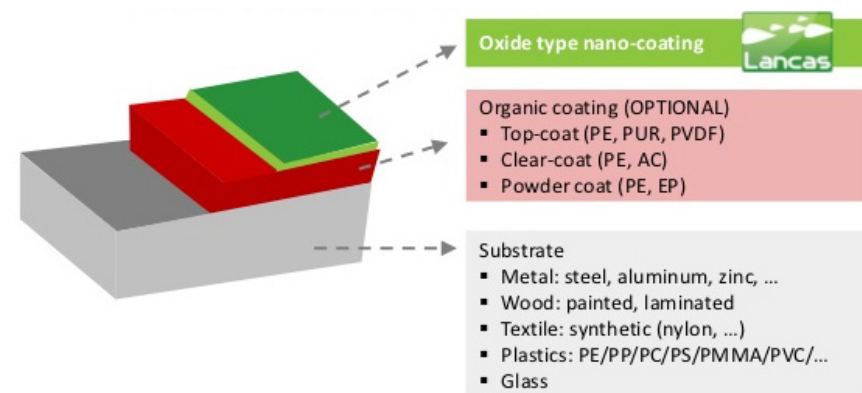


## Easy to clean (ETC)

Easy to Clean povrchy odpuzují vodu a nečistotu i bez použití lotosového efektu. ETC povrchy jsou hladké a aplikací nanočástic vzniká povrch se sníženou přilnavostí, který odpuzuje vodu a nečistoty. ETC povrchy jsou tedy hydrofobní a často také oleofobní. Voda stéká po ETC povrchu a vytváří kapky vody, které odnáší nečistoty pryč.

Pro použití ETC jsou vhodné především nakloněné povrchy, vystavené dostatečnému množství vody. ETC se uplatňují především v interiéru na povrchy keramických sanitárních zařízení a při zasklení sprchových koutů.

V různých částech interiéru se využívají masivní/robustní nanokeramické obklady stěn. Jsou ohebné, odolné proti nárazu, propustné pro vodní páry a současně vodoodpudivé. Mohou být aplikovány podobně jako běžné tapety a jsou k dispozici v rolích. Kromě konvenčních aplikací je lze použít i tam, kde by běžné tapety nebyly vhodné, například jako náhrada obkladů v toaletních prostorech.



Vědecké centrum, Nanotronics a bio, Marl,  
Německo

- použití ETC nátěru



Soukromá rezidence Erlenbach, Švýcarsko

- pro ochranu dřeva před počasím a změnou barvy, bylo dřevo ošetřeno hydrofobickým nátěrem



Modern Classicism Shanghai, Čína

- stěny byly ošetřeny speciálním nátěrem s antibakteriálními vlastnostmi, lehce čistitelné
- kamenné schodiště bylo také ošetřeno hydrofobním nátěrem

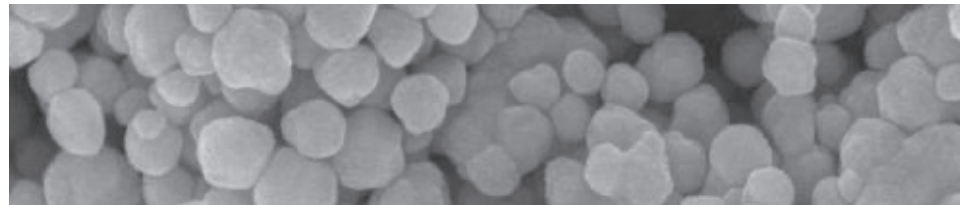


## Antibakteriální nátěry

Antibakteriální nátěry jsou zaměřeny na bakterie a jejich zničení a redukci používání dezinfekčních prostředků. Provádí se aplikace ve formě ultra tenkých a neviditelných povlaků nebo materiálů, ke kterým byly přidány částice stříbra. Antibakteriální účinek stříbra je výsledkem pomalé difúze iontů stříbra. Vysoký poměr povrchové plochy k objemu nanočástic stříbra znamená, že ionty mohou být snadněji uvolněny, a proto účinněji zabíjejí bakterie.

Škodlivé bakterie nemají šanci přežít, protože ionty brání procesu dělení buněk, destabilizují buněčnou membránu a přerušují transport enzymu živin. Výsledkem je zabití bakterií bez použití chemických látek.

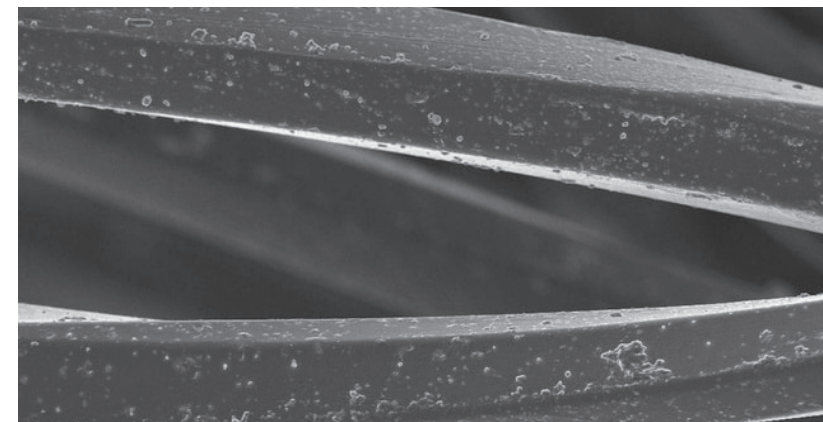
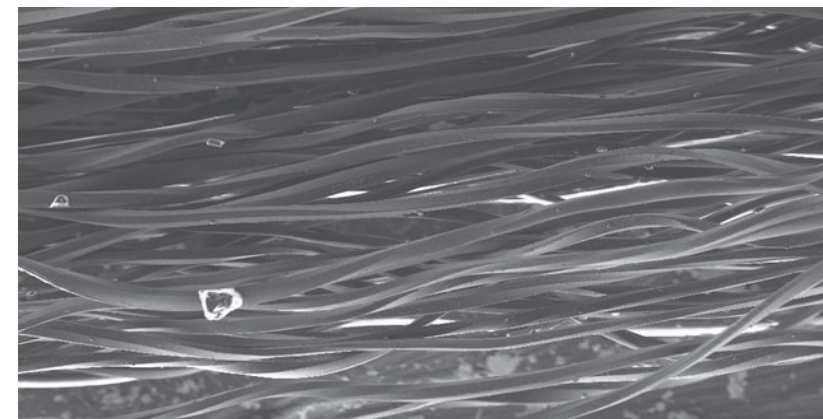
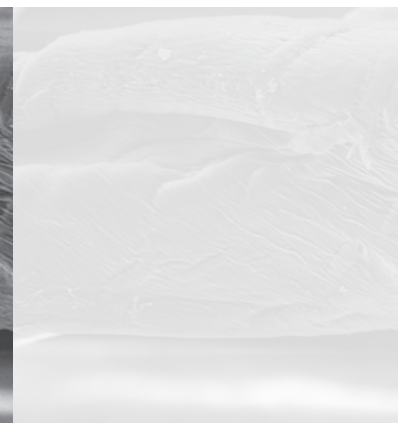
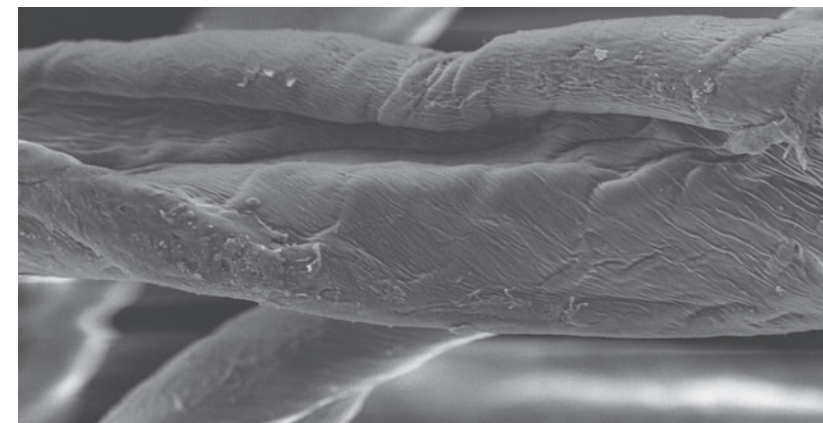
Stříbrné nanočástice o průměru 10-15 nanometrů poskytují barvivům antimikrobiální vlastnosti, které zabrání vzniku plísní. Částice jsou chemicky stabilní a pevně zakotveny v nátěru. Antimikrobiální látka proto nemůže být vymyta a antibakteriální funkce se zachová po mnoho let. Ani po třech letech se výskyt plísně neobjeví. Použití nanotechnologie v tomto případě nabízí ekologické a efektivní řešení bez potřeby silných chemikálií a působí jako prevence poškození.



- bakterie a viry jsou cíleně zničeny
- snížení potřeby dezinfekčních prostředků
- podpora hygienických opatření především ve zdravotnických zařízeních

Multifunkční antibakteriální nano-nátěry vyžadují pouze jediné: aby aplikovaný nátěr na příslušný povrch - byl vystaven slunečnímu světlu, případně ultrafialovým světlem z umělého zdroje. V kontaktu s aktivovaným nano-nátěrem jsou viry likvidovány prakticky okamžitě a i ty nejodolnější bakterie jsou zabity během pár desítek minut.

Nezanedbatelný je fakt, že škodlivé mikroorganismy nejsou schopny vytvořit proti fotokatalytickému spálení rezistenci (odolnost), neboť nemutují, jako tomu bývá při použití chemických dezinfekcí nebo antibiotik.





#### Bytový dům, Duisburg, Německo

- použití nátěru s lotosovým efektem na fasádu - nečistoty jsou omyty spolu s deštěm



#### Operační sál, Berlín, Německo

- samočistící nátěr použitý na bílé povrchy
- zvýšená odolnost nátěru proti nečistotám



#### Nemocniční pokoj, Berlín, Německo





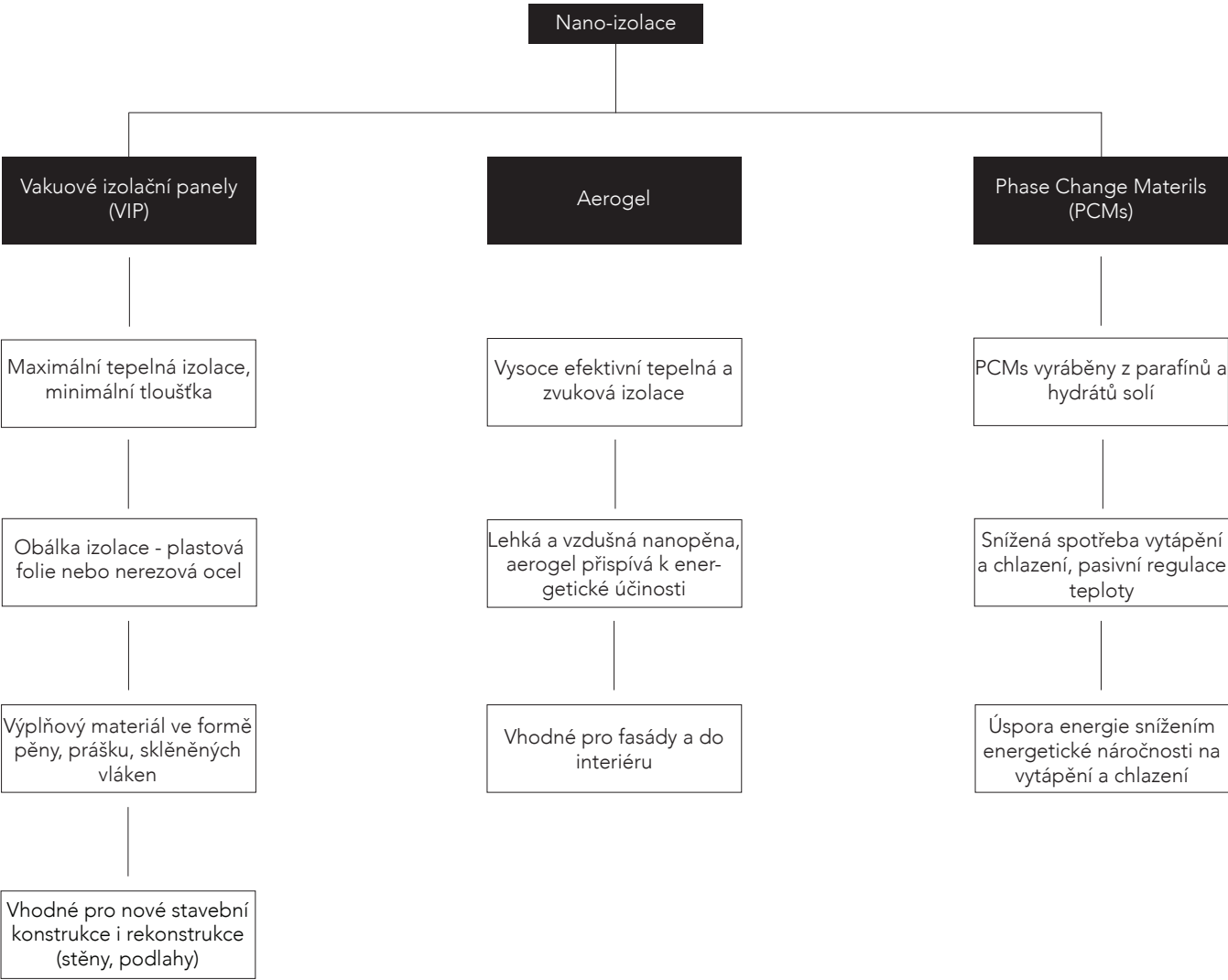
Nano-izolace

Cílem každého města je snížit energetickou spotřebu na vytápění a chlazení budov, tedy snížit součinitel prostupu tepla (U) tepelně izolačních materiálů využívaných na výstavbu budov. Vytápění a chlazení představuje až 50% roční spotřeby energie v EU. Podle Evropské komise budou v roce 2050 dvě třetiny obytných budov tvořit budovy, které byly postaveny v době, kdy byly požadavky na energetickou hospodárnost omezené či žádné. Proto se rozhodla tímto tématem zabývat a počátkem roku 2016 představila historicky první strategii pro vytápění a chlazení.

Různé druhy tepelně izolačních materiálů byly aplikovány při výstavbách budov a analyzovány jejich výhody a nevýhody. Používány jsou jak tradiční tak moderní materiálové řešení. Nano-izolace představují jednu z moderních možností izolačních materiálů.

Např. výroba tzv. nanocelulárních pěn s velmi malými bublinami. Podobně jako jiné nanomateriály těžší z uplatňování odlišných fyzikálních jevů než těch, které známe z našeho makroskopického světa, v tomto případě je to šíření tepla v materiálu na nanoměřítku. Nanocelulární pěny díky tomu dosahují výrazně lepších tepelně izolačních vlastností. Největší výzvou pak zůstává nalezení způsobu, jak nanocelulární pěny vyrábět levně.

- Nano-izolace můžeme rozdělit do čtyř základních skupin:
- a. vakuové izolační panely (VIP)
  - b. aerogel
  - c. phase change materials (PMCs)



### Vakuové izolační panely (VIP)

Princip vakuových izolačních panelů je založen na faktu, že vakuum je podstatně lepší izolant než vzduch. V případě absence vzduchu, se nemá teplo jak přenášet vedením, a proto se bude šířit sáláním. Přenos tepla sáláním je, ale méně efektivní a to také znamená, že bude docházet k menším tepelným ztrátám. Vakuová izolace tak představuje efektivnější izolaci než tradiční izolační materiál.

Vakuové izolační panely jsou ideální pro zajištění velmi dobré tepelné izolace při mnohem tenčí tloušťce izolace, než je obvykle nutné. V porovnání s běžnými izolačními materiály jako je např. polystyren je tepelná vodivost až 10x nižší.

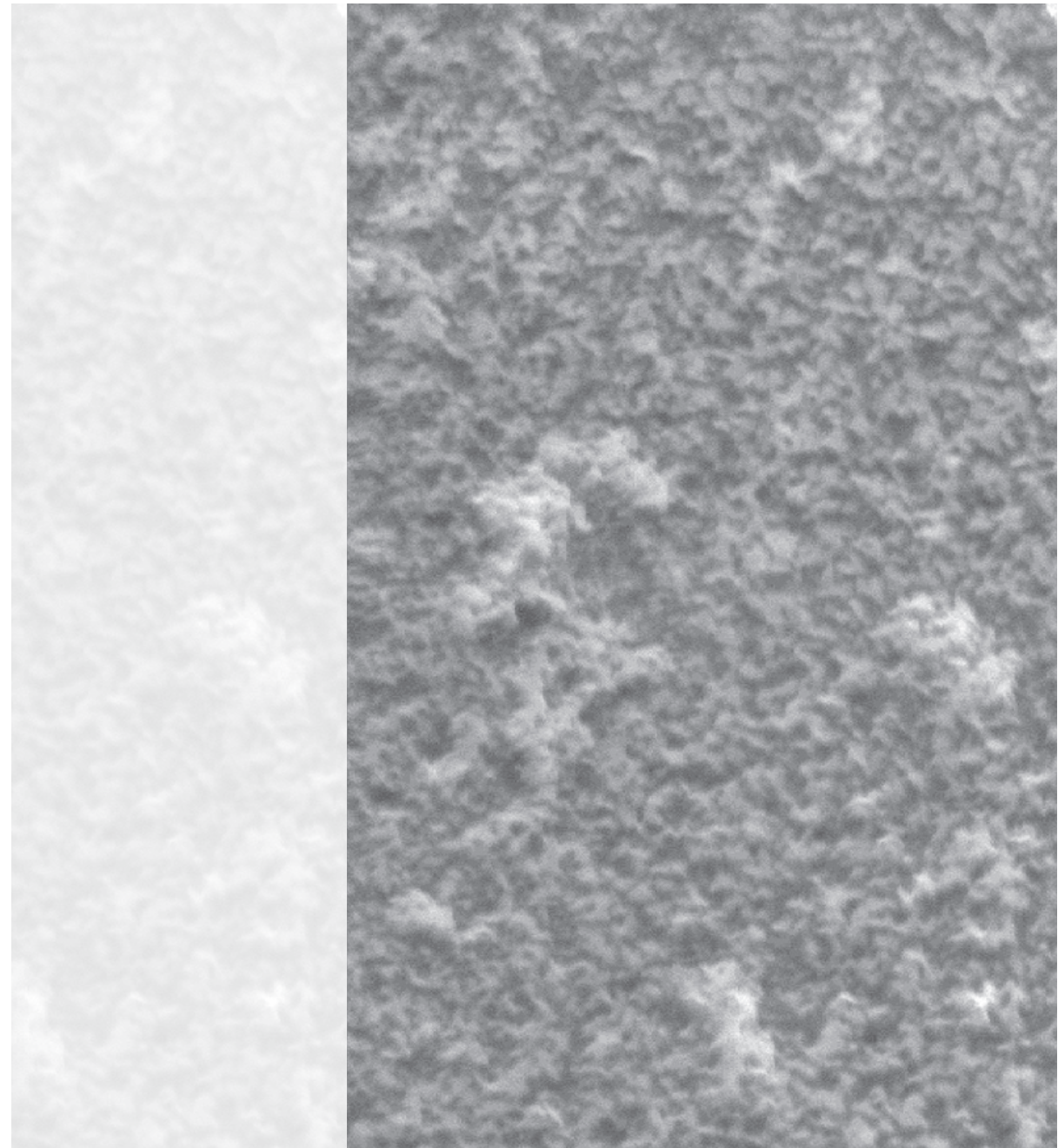
Koeficient prostupu tepla se pohybuje okolo 0,004 W/mK, ale při výpočtech se uvažuje s hodnotou koeficientu 0,006-0,008 W/mK, kvůli zhoršení kvality vakua a nárustu vlhkosti. Vakuové izolační panely představují maximální tepelný odpor s minimální tloušťkou tepelné izolace. Hodnoty součinitele prostupu tepla se odvíjejí podle tloušťky VIP:

- 20 mm VIP cca 0,30 W/m<sup>2</sup>K
- 30 mm VIP cca 0,22 W/m<sup>2</sup>K
- 40 mm VIP cca 0,16 W/m<sup>2</sup>K
- 50 mm VIP cca 0,13 W/m<sup>2</sup>K

Základem každého vakuového izolačního panelu je jádrový „core“ izolant. Jako výplňové materiály se užívají zejména anorganické materiály na bázi aerogelu, práškovitého oxidu křemičitého (mikrosilika, práškový perlit) nebo materiály založené na bázi skleněných vláken.

Hlavní výhodou těchto materiálů je jejich schopnost bránit unikání plynů – „outgassing“. Jako izolanty se dají také využít materiály na organické bázi, které mají nižší tepelnou vodivost než materiály anorganické. Jako organická báze se uplatňuje pěna z polyesteru, polyethylenu nebo polykarbonátu. Výplňový/jádrový materiál je vždy porézní s hodnotou poréznosti okolo 100 nanometrů. Čím jsou póry menší, tím lepší jsou tepelně izolační vlastnosti vakuových izolačních panelů.

Výplňový materiál je uzavírán ve vakuu pláštěm obaleným ochrannou folií (často potažený hliníkem nebo nerezovou ocelí). Folie z nerezové oceli nejsou příliš využívány a více se uplatňují lehčí a levnější varianty jako je zmíněný hliník či gumový granulát.





VIP se pokládají na suchý, rovný a čistý povrch. Podobně jako u plovoucí podlahy se aplikuje bez lepení, nebo se lepí pomocí tmelu. Nevýhodou VIP je chybějící možnost rozměrové úpravy při montáži. VIP není možné zaříznout, protože by se tím zničilo vakuum, a tím i izolační vlastnosti panelu. Vakuové izolační panely je tedy nutno vyrábět na míru. Standardní rozměry pro výrobu VIP jsou 600/600 mm a 600/1200 mm.

Vakuové izolační panely se v budovách používají k zateplení podlah, dveří, oken a fasád nebo také při izolaci potrubí a v elektronice.

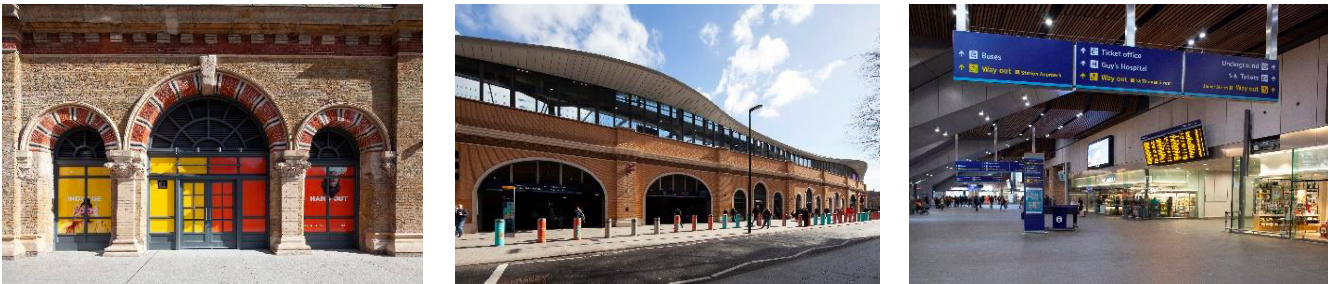
Porovnání tloušťky izolačního materiálu s VIP:

- skleněná vlákna 180 mm
- minerální vata 170 mm
- EPS 160 mm
- PUR 145 mm
- VIP 18 mm

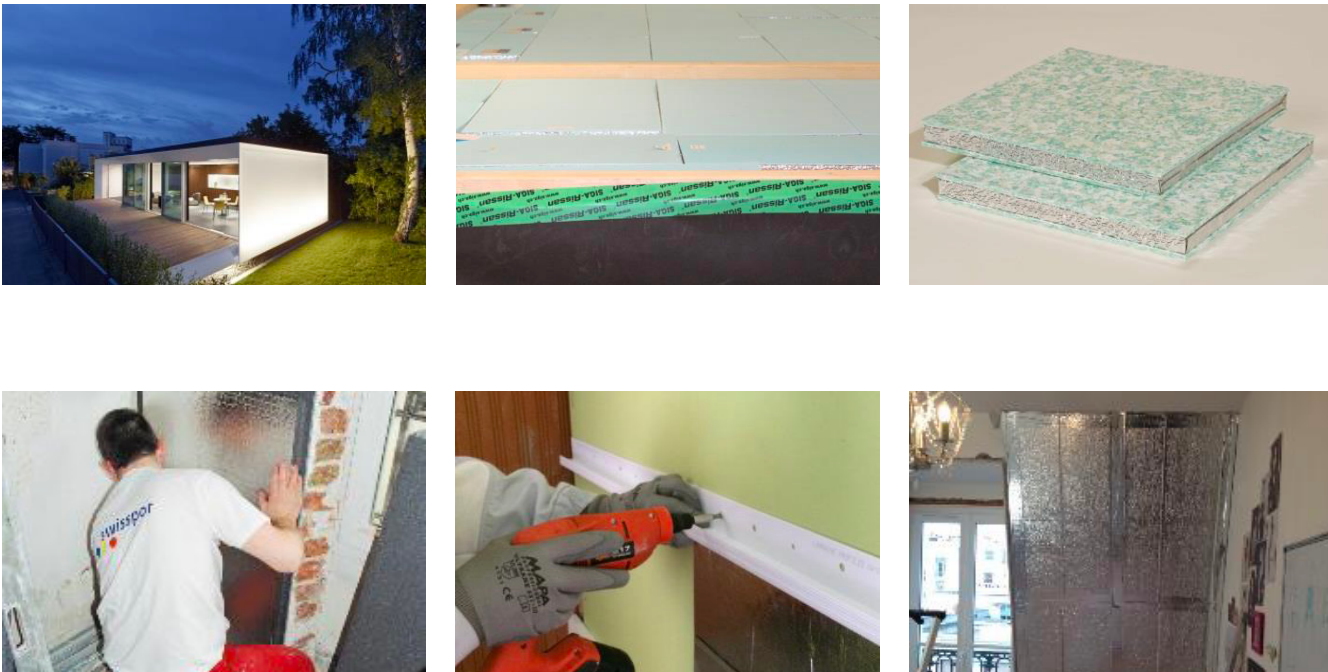
Nevýhodou vakuových izolačních panelů je jejich vysoká cena oproti standardním izolacím. Cena za vakuový izolační panel tloušťky 25 mm se v České republice pohybuje okolo 2500 Kč/m<sup>2</sup>.



London Bridge Station - aplikace Vakuových izolačních panelů



Rekonstrukce vlakové stanice - hlavní problém, kterému architekti čelili byly obchodní jednotky umístěné přímo nad nástupišťem a nebyl žádným způsobem tepelně odizolován. To vedlo k nerovnoměrnému přechodu pro lidi vstupující do haly. Cílem bylo najít takový izolační materiál, který má nejen výborné izolační vlastnosti, ale také minimální tloušťku.





## Aerogel

V roce 1950 byl v NASA vynalezen aerogel, známý také jako „zmrzlý či modrý dým“. Je považován za jeden z nejlehčích pevných materiálů, díky jeho maximální poréznosti - obsahuje 99,98% vzduchu. I přes lehkost, má aerogel velmi dobré mechanické vlastnosti. Jde o ultralehký materiál - provzdušněnou nano pěnu. Skládá se téměř z 100% ze vzduchu (98,8%), zbývající pěnový materiál je sklovitý materiál – oxid křemičitý (0,2%).

Základem aerogelu je oxid křemičitý či sloučeniny zinku, chrómu, uhlíku a cínu. Vybraný prvek se smíchá s vodou, alkoholem či éterem a poté se za vysoké hodnoty tlaku zahřeje nad tzv. kritickou teplotu (dle daného prvku a kapaliny). Kapalina se okamžitě vypařuje a tím vzniká plyn. Je to proces nazývaný „superkritické vysoušení“.

Struktura aerogelu je vytvořena z dutých koulí o velikosti pouze několika málo nanometrů. Koule jsou dokonale uspořádány tak, že vnitřní povrch jednoho gramu aerogelu má až 1000m<sup>2</sup>. Výsledná hustota samotného aerogelu se pohybuje mezi 1,9 - 3kg/m<sup>3</sup>.

Mohlo by se zdát, že „zmrzlý dým“ bude velmi zranitelný, avšak snese až 2 000 krát vyšší zatížení oproti jeho vlastní hmotnosti.

Tepelně izolační vlastnosti jsou více než příznivé – hodnota se pohybuje v rozmezí 0,015 - 0,020 W.m.K. Aerogel výborně tlumí i hluk, propouští plyny a kapaliny. Avšak při dlouhodobém vystavení kapalinám se mění na obyčejný gel (nevratný proces).

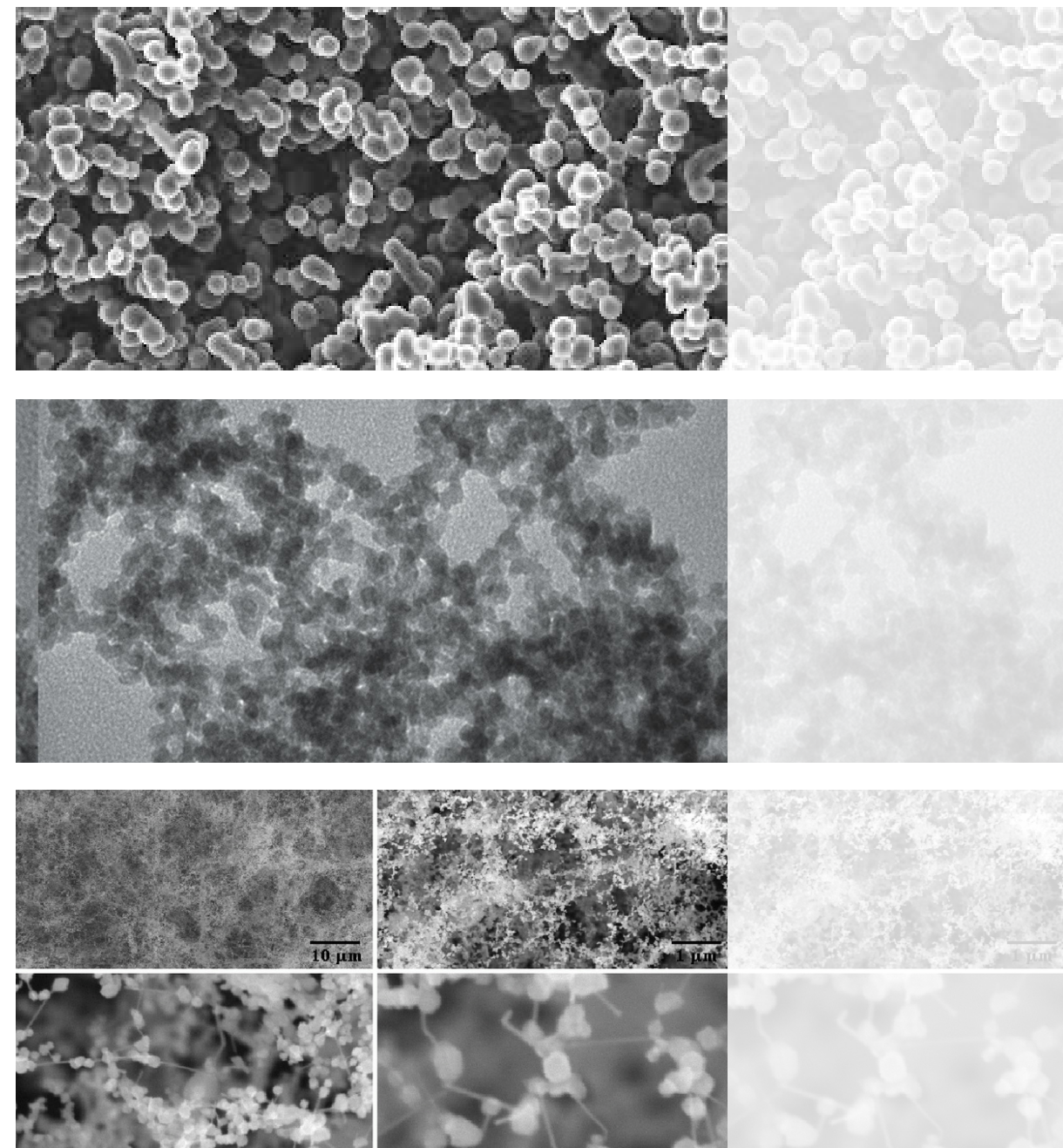
Jako jediný materiál má pórovitost nad 95%. Aerogel má velmi nízký součinitel tepelné vodivosti 0,013-0,020 W/mK, je nehořlavý a tvarově stabilní.

Aerogel je vysoce účinná tepelná izolace. Přestože váží pouze tisícinu hmotnosti skla, má 40x lepší izolační vlastnosti než sklo. Aerogel působí nejen jako tepelná izolace, ale také jako zvuková izolace.

Švédská firma Svenska Aerogel je hlavním výrobcem a propagátorem Aerogelu („Qzarzene“) v Evropě. Švédský výrobce tvrdí, že při použití Aerogelu jako tepelné izolace, místo tradičního izolantu, se spotřeba energie budovy sníží až o polovinu. Alternativně se aerogel dá aplikovat i ve formě izolačních nátěrů, které snižují zahřívání povrchů.

### Vlastnosti aerogelu

- extrémní lehkost - hustota v rozmezí 0.0011 až 0.5 g/cm<sup>3</sup>
- extrémně nízká tepelná vodivost (0,015 - 0,020 W.m-1-K-1)
- obrovský vnitřní povrch (1 g až 1000 m<sup>2</sup>) - ideální pro absorpci
- dobře tlumí vibrace a zvuk



#### County Zoo, Milwaukee, USA

- instalace skleněných panelů naplněných aerogelem, které zajišťují přirozené denní světlo a tím zvyšují energetickou úspornost



#### Nástavba školy, Londýn, UK

- jižní fasáda (učebny, hala, internetová kavárna, taneční studium) je zcela obložena průsvitnými panely o tloušťce 70 mm naplněných aerogelem



#### Fabrika, Zaisertshofen, Německo

- ve střešních oknech byly instalovány průsvitné vícevrstvé polykarbonátové panely o tloušťce 16 mm, aby se zajistilo rovnoměrné přirozené osvětlení v pracovním prostoru haly





Stavba obsahovala prostory, jejichž stěny působily jako radiátory do sousedních místností. V těchto prostorách byly umístěny plastové sudy s náplní Glauberovy soli (celkem 21 tun), které byly ohřívány důmyslným systémem využívajícím sluneční energie. Tyto prostory měly akumulaci potenciál až 11 MJ (3 kWh).

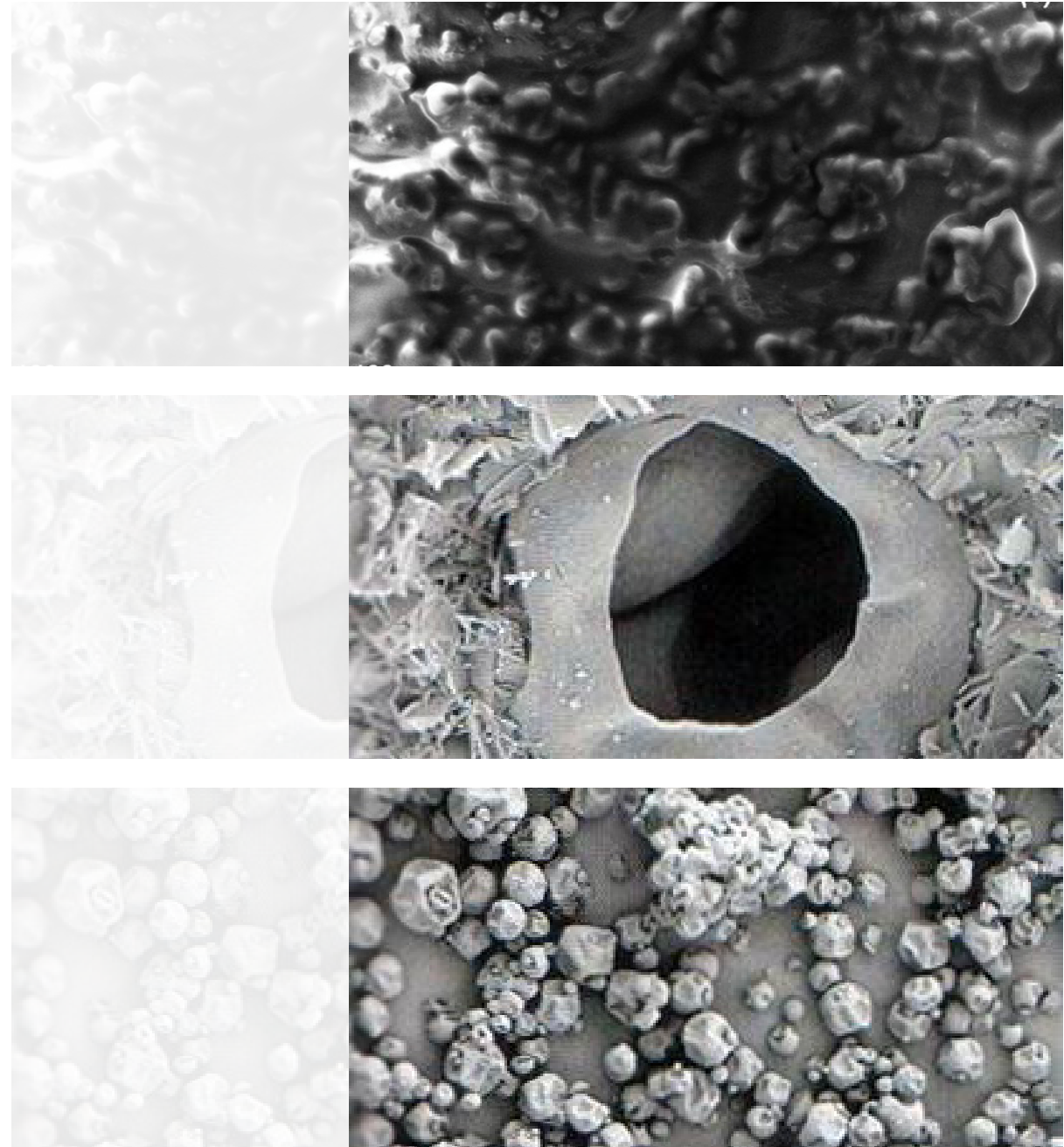
## Phase change materials (PCMs)

Phase Change Materials, zkráceně označovány PCM se řadí mezi materiály, které umožňují snížit potřebu energií na vytápění a chlazení budov. PCM jsou používány v budovách v různých formách - směs PCM ve výměnících tepla nebo makro- nebo mikro kapsule PCM pro plášť budovy. V posledních desetiletích byla zkoumána nová třída PCM tzv. "nano-vylepšená nanoPCMs", s cílem zlepšit vlastnosti materiálu pro přenos tepla a jeho udržování. NanoPCMs lze klasifikovat jako nano kapsule PCM a nano částice PCM kompozitů.

Phase Change Materials (PCMs) jsou látky, které mohou absorbovat, ukládat a uvolňovat velké množství tepelné energie za relativně konstantní teploty. PCMs mohou být také použity při vývoji vysoce výkonných elektronických zařízení a „smart“ textilií, k ukládání sluneční energie pro vytápění, vaření nebo pro regulaci exotermických teplot v chemických reakcích.

PCMs jsou založeny na pasivní regulaci teploty. Snižují spotřebu na vytápění a chlazení. PCMs jsou vždy vyrobeny z parafinů a hydrátů solí. Miniaturní parafínové kuličky s průměrem mezi 2-20 nanometrů jsou uzavřeny v plastovém plášti/pouzdru. Fázově proměnlivé materiály mohou být integrovány do typických stavebních materiálů např. omítky, SDK desky nebo pórobetonové bloky.

*"Sur Falveng" housing for elderly people, Domat/Ems, Švýcarsko*





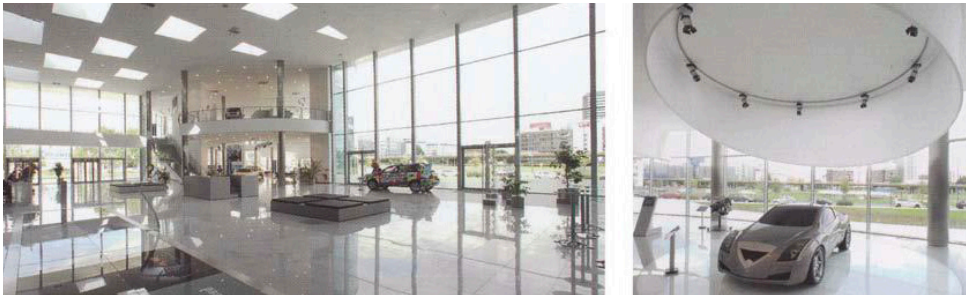
Air purifying (čištění vzduchu)

Interiér

- nečistoty a pachy jsou rozloženy na jejich základní částice
- nenahrazuje ventilaci, ale zlepšuje kvalitu vzduchu
- snížení stupně znečištění vzduchu v interiérových prostorech - aplikace nanovrstvy na povrchy v interiéru - závěsy, yáclony, podlahy

Materiály např. závěsy přispívající na čištění vzduchu v interiéru můžou být současně vybaveny antibakteriálními vlastnostmi

Pro správnou funkci musí plocha povrchu čistící vzduch byd dostatečně velká s ohledem na objem místnosti. Relevantní jsou povrchy, které jsou vystaveny vzduchu - nejsou zakryty např. nábytkem. Pro procesy založené na oxidační katalýze postačuje normální cirkulace vzduchu. Nikotinové nebo formaldehydové molekuly mohou být rozloženy a filtrovány ven z vnitřního vzduchu.



Evropské sídlo společnosti Hyundai Motors v německé Offenbachu

- aplikace sádrokartonových desek pro čištění vzduchu

Exteriér

- aplikace: dlažba, povrchy vozovek
- nátěr aplikovaný na silnicích - obsahující oxid titančitý - snížení škodlivin



Chodník pro Leien Boulevard, Zaisertshofen, Antwerp, Belgium

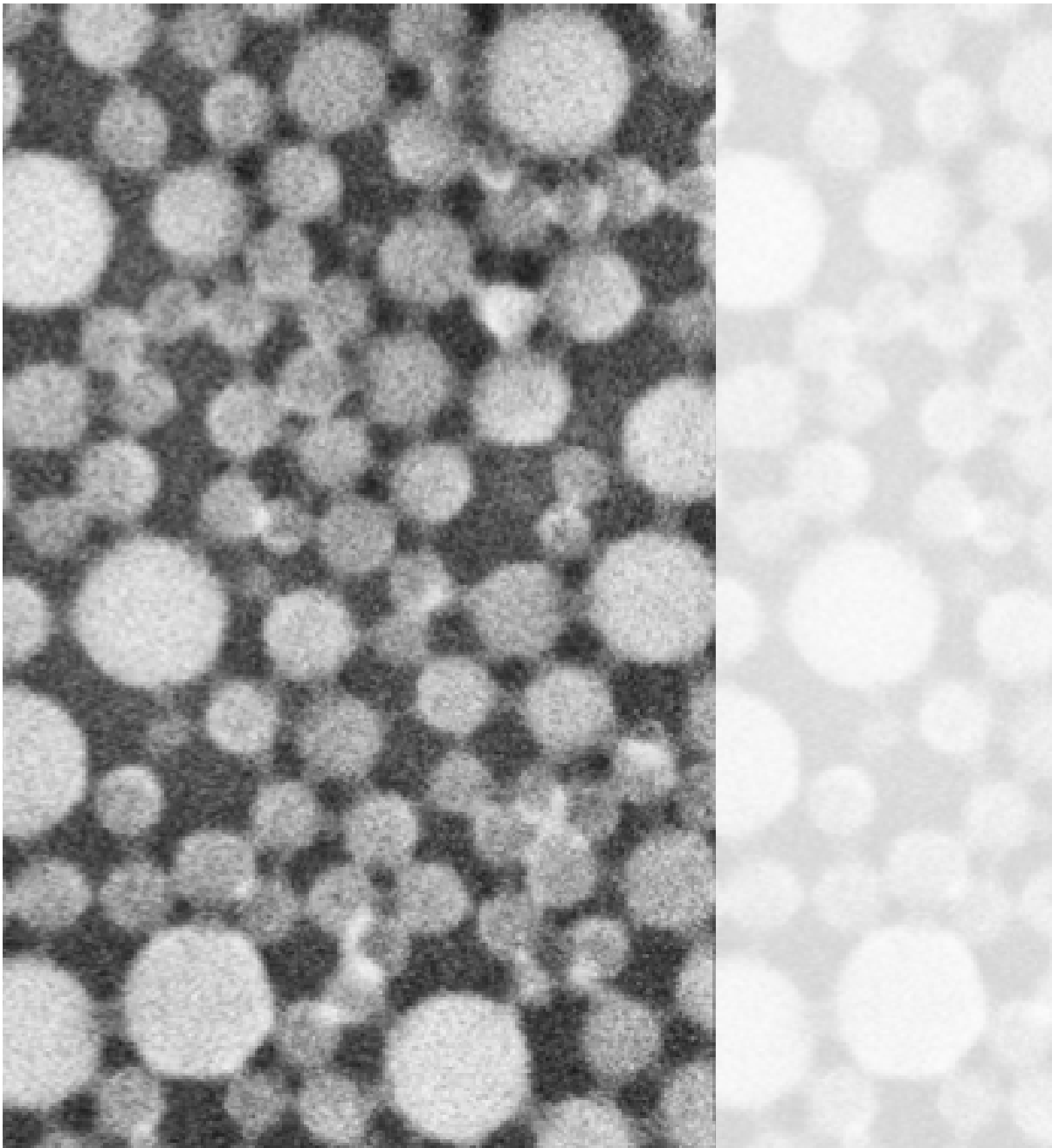
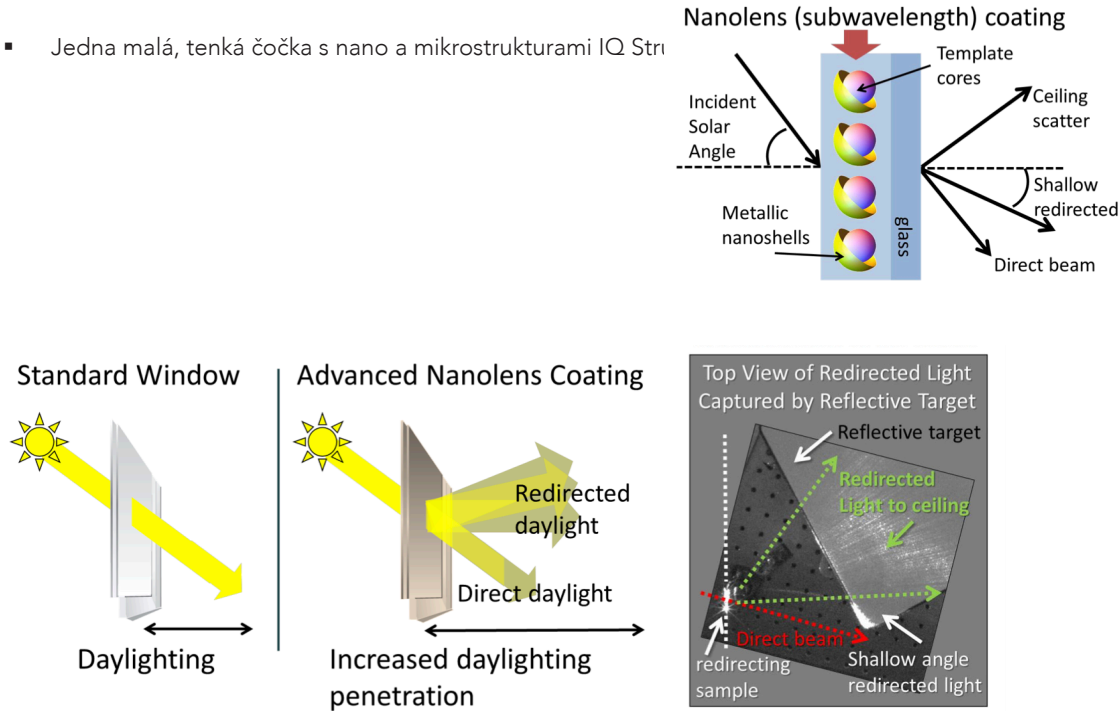
Nano-optika

Nano-optika umožňuje unikátní řešení osvětlení, které umožní nové využití, modelování, precizní řízení a kontrolování světelného toku LED svítidel. Principem je použití nových plochých plastových čoček, které mají zcela výjimečné vlastnosti díky složitým strukturám uvnitř a na povrchu plastu. Tyto struktury nejčastěji o rozměrech stovek nanometrů či mikrometrů vyvolávají cílené lomy, difrakce, interference, které mají za následek modelování a směřování jednotlivých paprsků a světelných svazků, jejichž součet pak vytváří požadovaný světelný efekt či typ nebo charakter osvětlení.

Struktury „tvářící“ světlo vznikají pomocí elektronového litografu, UV litografie nebo na nano tiskárně IQ Structures, následně je vytvořena matrice a čočka se může tisknout v libovolně velkých sériích.

Lineární osvětlení - kanceláře, haly, sklady, továrny, supermarkety  
Bodové osvětlení - ulice, obchody, divadla, hotely, města, letiště, stadiony, automobily  
Tento typ čoček přinese, kromě rozšíření možností použití LED svítidel, výrazně vyšší kvalitu a užitnou hodnotu osvětlení. Zásadní bude změna technologie výroby osvětlovacích těles – náročné lisování a broušení skla bude nahrazeno ražením plastových prvků, nebudou třeba masivní reflektory odrážející a směřující světlo, a tím dojde ke vzniku úplně nových designů osvětlení.

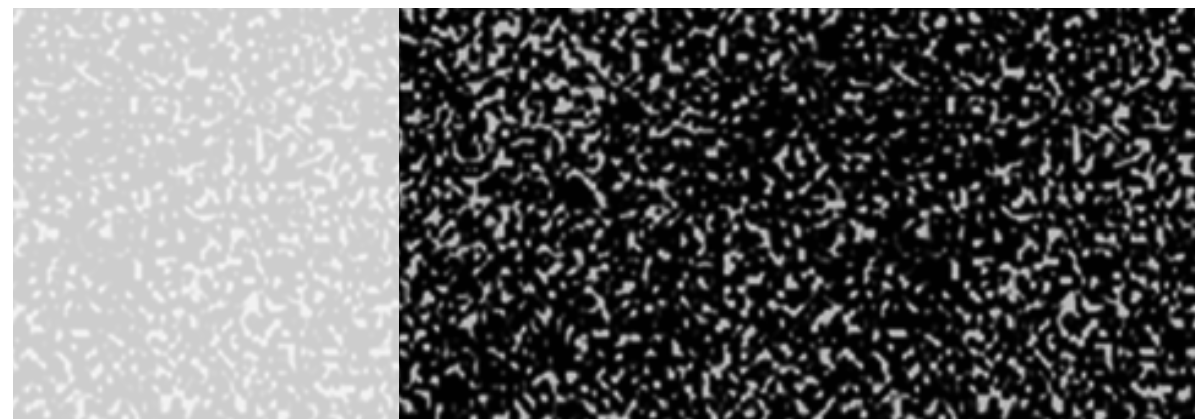
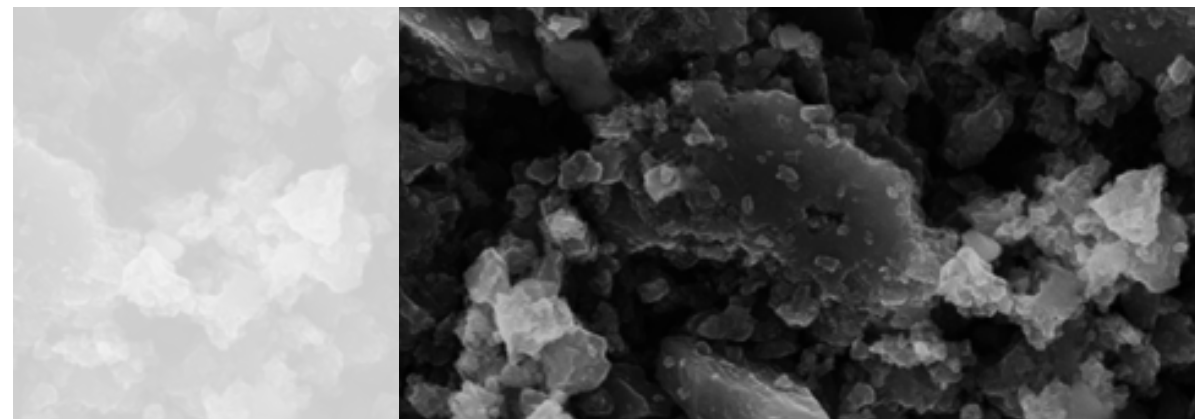
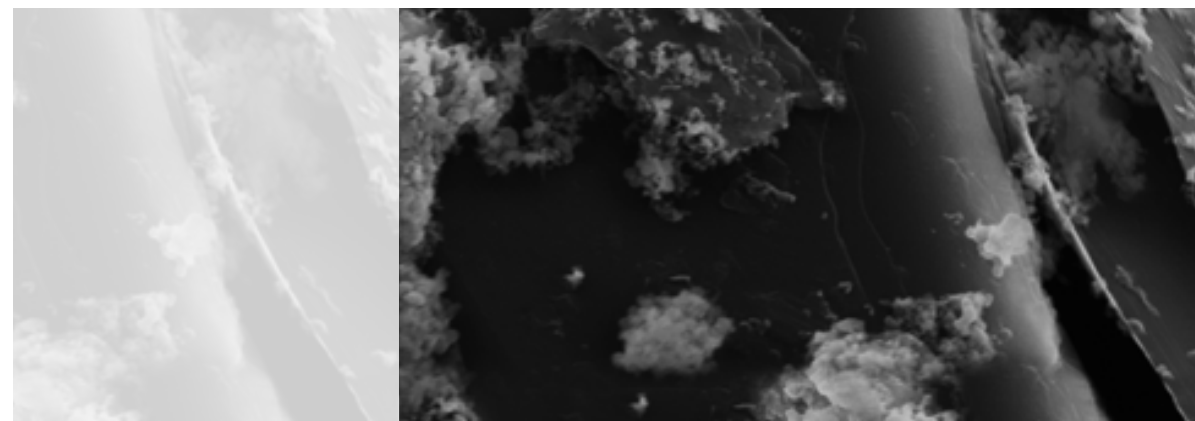
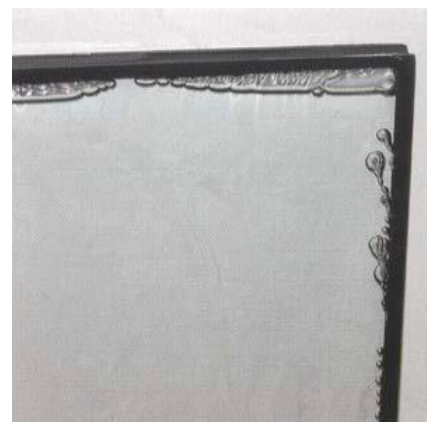
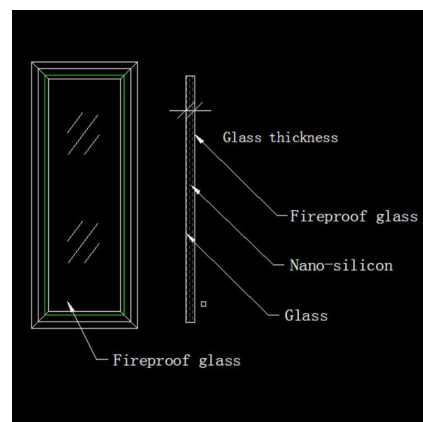
- Jedna malá, tenká čočka s nano a mikrostrukturami IQ Stri



## Ohnivzdornost - nanotechnologie

*Ohnivzdorné sklo kryjí silikonové nanočástice, které napomáhají skleněným tabulím déle než dvě hodiny vzdorovat teplotám až do 980 °C.*

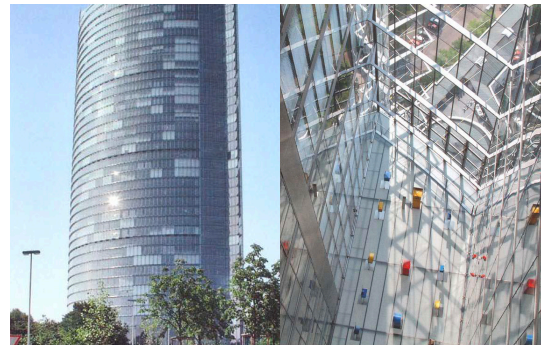
Tloušťka pouze 3 mm funkčního výplňového materiálu mezi skleněnými tabulemi je dostatečná k zajištění více než 120 minut požární odolnosti proti stálému vystavení plamenům při teplotě vyšší než 1000 °C. Pyrogenní křemičité nanočástice neboli nanokřemičitany jsou velké pouze 7 nm a díky relativně velké povrchové ploše jsou vysoce reaktivní. V závislosti na požadované době požární odolnosti je vysoce účinný výplňový materiál vložen mezi jednu nebo více skleněných tabulí. Velikost částic náplně může být modifikována a je dána její povrchovou plochou v metrech čtverečních na gram. V případě požáru tvoří nanosilikát neprůhlednou ochrannou vrstvu proti ohni, která také chrání před tepelným zářením.





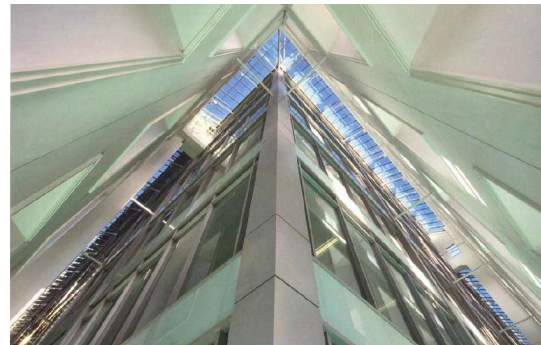
Deutsche Post headquarters, Bonn,  
Německo

- použito nano protipožární ochranné sklo



Waverley, Edinburgh, Skotsko

- po celém obvodu kancelářských prostor  
bylo použito vysoce účinné protipožární  
bezpečnostní nano-sklo



## Anti graffiti nano-nátěr

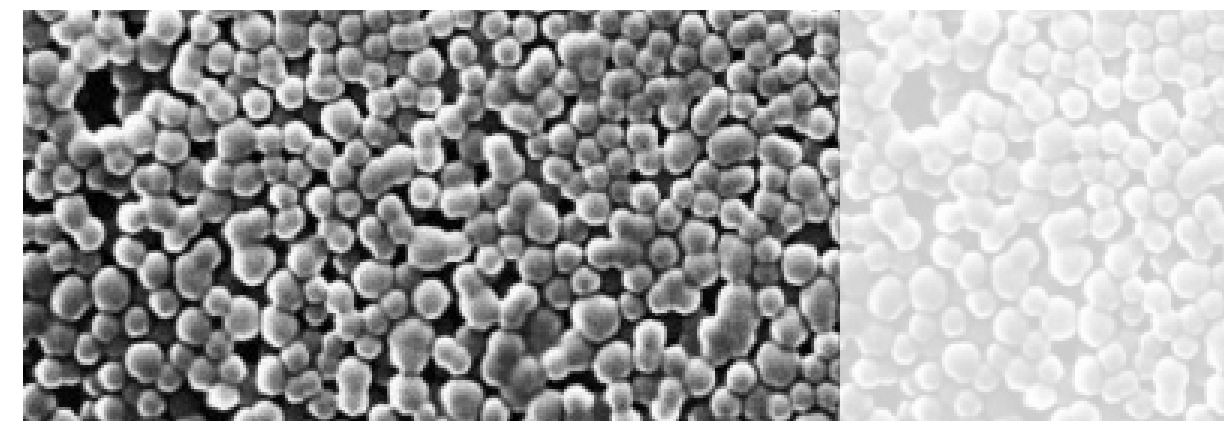
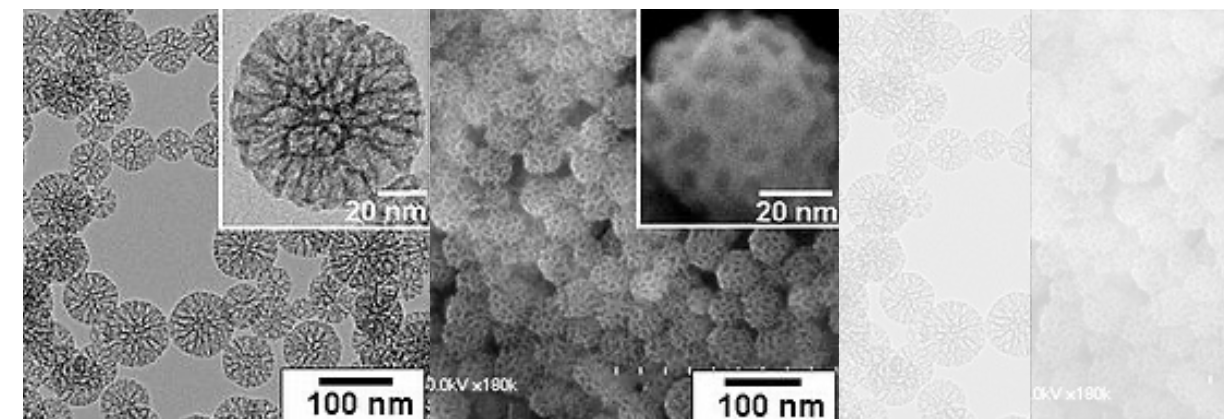
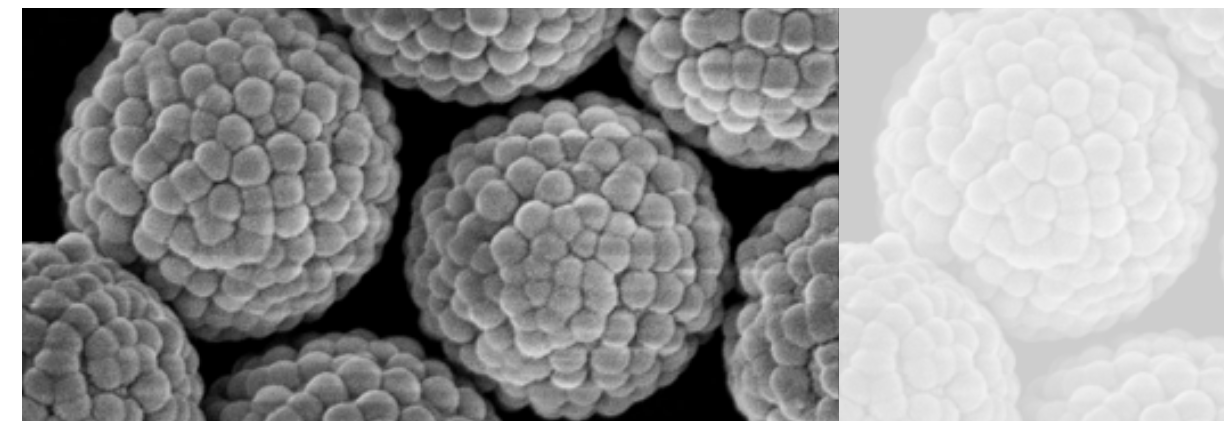
Anti graffiti nano-nátěry jsou vysoce účinné a vytvářejí na fasádách budov hydrofobní nátěr. Díky hydrofobní vlastnosti anti graffiti nátěrů lze snadněji odstranit graffiti pomocí vhodných detergentů. Velmi účinně chrání dokonce i porézní a vysoce savé materiály, jako je např. cihla, vápencový pískovec, beton a další podobné materiály. Přestože anti-graffiti nátěr funguje jako impregnace, liší se svou schopností neuzavírat pory materiálů, což jim umožňuje zachovat propustnost vodních par. Ultratenké nanočástice pouze lemují kapilární pory, ale neuzavírají je.

### Vlastnosti anti graffiti nátěru

- hydrofilita = molekulární vrstva vody na povrchu nátěrové vrstvy ztěžuje přilnutí barvy (rozpíjí se a je jí velká spotřeba) nebo fixů (velmi rychle se jejich hroty ucpou) k ploše natřené nátěrem
- vysoko povrchový materiál nátěru vrstvy absorbuje velké množství pigmentu a zabraňuje jeho proniknutí k podkladu
- fotokatalytický efekt zajišťuje samočištění méně znečištěných míst



- snadné odstranění graffiti bez poškození podkladu
- vhodné především pro památkové a reprezentativní objekty
- vysoká paropropustnost
- každodenní super silný samočistící efekt proti tmavnutí fasády
- certifikováno pro beton, zdivo a minerální podklady (např. žula, pískovec, kámen)
- ekologické řešení: plně anorganická báze bez rozpouštědel a organických látek



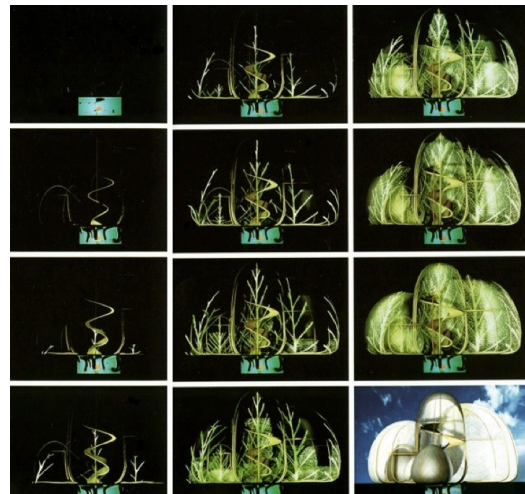


## Architektura inspirovaná nanotechnologií

Mnoho architektů se ve své architektonické tvorbě snaží inspirovat vědou a technologií. Mezi architektky sledující nekonečný vědecký a technologický pokrok patří např. J.M. Johansen.

Architekt Johansen se při tvorbě nechal inspirovat nanotechnologií - nejen při návrhu domů ale také vícepodlažních objektů. Při navrhování používá stejný princip jako molekulární inženýrství, který aplikuje na návrh stavby. Každý objekt začíná na staveništi, kde si postupně "vyvíjí kořen, stonek, větvě, platformu, mříž, membránu a otvory".

- rostoucí Nanohouse

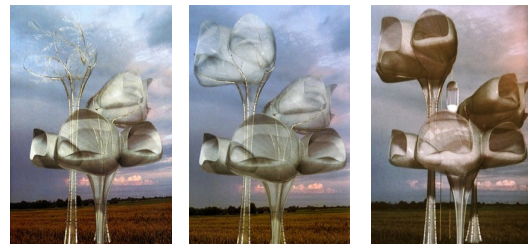


Průkopník nanoarchitektury John M. Johansen se narodil v roce 1916 dvěma úspěšným malířům v New Yorku. Johansen vyrostl v uměleckém prostředí a jeho dětské fantazie se později promítly v jeho architektonické tvorbě. Architekturu vystudoval na univerzitě Harvard, kde ho učil i zakladatel architektonického směru bauhaus Gropius. V roce 1939 dokončil své postgraduální studium na Harvardu. Mezi lety 1955-1960 působil jako profesor na fakultě architektury univerzity Yale.

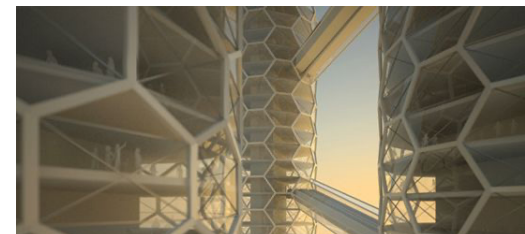
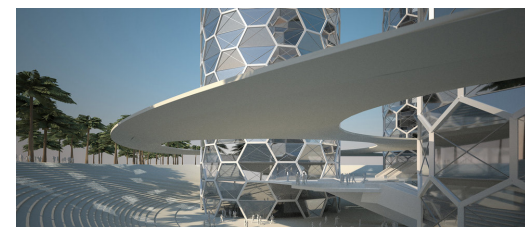
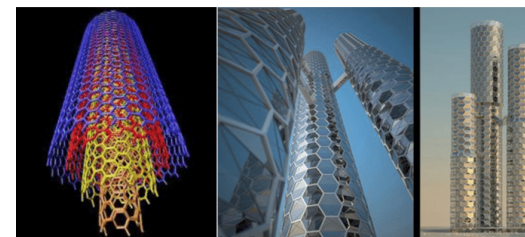
"Nanoarchitektura bude použita k návrhu budov budoucnosti - objekty budou fungovat v symbióze s životním prostředím, a přizpůsobovat se měnícím potřebám společnosti." Johansen byl natolik pohlacen svou vášní pro nanoarchitekturu, že se rozhodl zorganizovat výstavu v nizozemském muzeu na toto téma.

"... s vývojem technologie v architektuře, se přibližujeme více a více k přírodě"

- Multistory apartment building



Návrh Nanotowers od architektonické firmy ArchiCentral měly představovat sídlo výzkumného parku DuBiotech Research v Dubaji. Budovy měly nabídnout laboratoře, kancelářské a obytné prostory, hotel.





## NANO HOUSES

### House in Hiro, Hiroshima, Japonsko

- design office, rozloha 67 m<sup>2</sup>
- ocel, beton, sklo, dřevo (interiér)
- ekonomika měřítka
- max využití přirozeného světla
- vytvoření pohody a krásy tam, kde nic není



### CASA XS, Mar Azul, Argentina

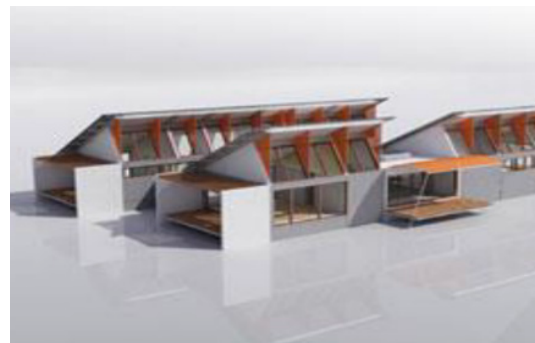
rozloha 52 m<sup>2</sup>

- 



### NANO house, Sydney, Austrálie

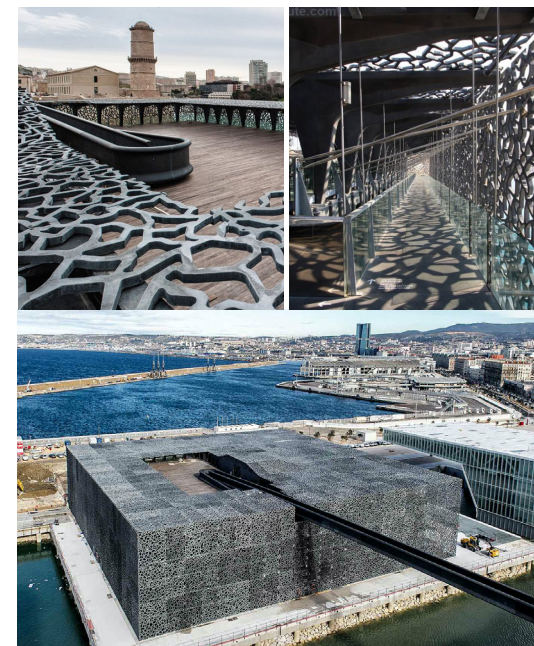
- CSIRO & University of Technology Sydney
- modelový dům, který ukazuje jak materiály, produkty a procesy, které vycházejí z výzkumu a vývoje nano-technologií mohou být uplatněny v každodenním životě



## NANO CONCRETE



- Mucem muzeum, Francie



- Jean-Bouin stadium, Francie



## NANO VENT SKIN: CO<sub>2</sub> filtrační solární mikroturbíny - Agustin Otegui

### Koncept alternativní energie nano vent skin (NVS)

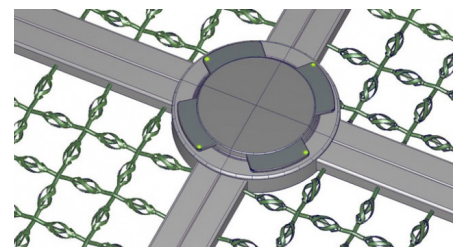
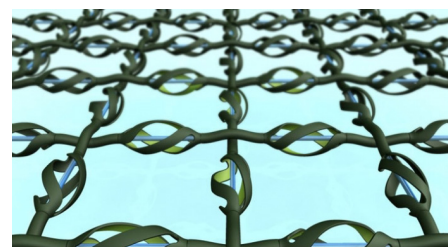
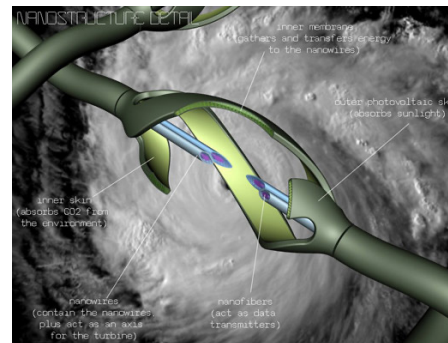
Záměr projektu NVS je, aby lidé začali přemýšlet v menším měřítku a aplikovali ho na existující budovy, domu, konstrukce (tunely, silniční zábrany atd.) za účelem výroby energie. Nano vent skin (NVS) je tvořeno mřížkou z mikro větrných turbín. Mikro turbíny o rozměrech 25 mm x 10,8 mm jsou schopny generovat energii z větru a slunečního záření.

Jak NVS funguje:

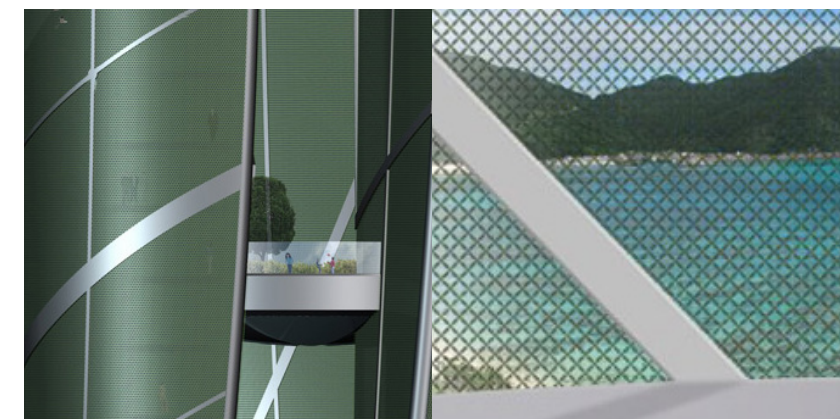
Vnější plášť konstrukce absorbuje sluneční záření skrz organickou fotovoltaiickou vrstvu a přenáší ji na nanovláka uvnitř nano-drátů, které je dále posílají do úložných jednotek každého panelu. Každá turbína na panelu generuje energii chemickými reakcemi na každém konci, kde přichází do kontaktu s konstrukcí. Vnitřní povrch každé turbíny funguje jako filtr absorbující CO<sub>2</sub> z ovzduší.

### NVS kompozice

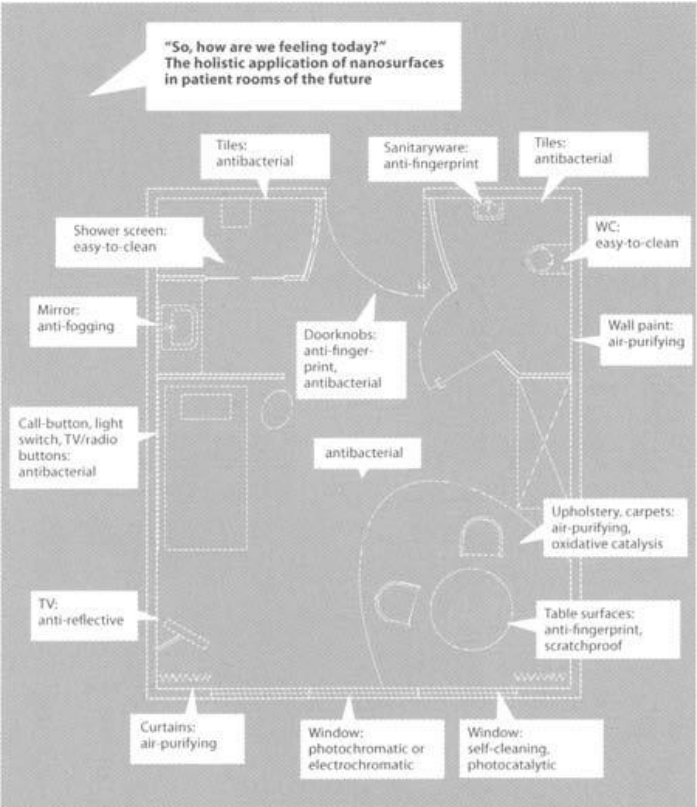
- každý panel má 4 napájející jednotky (jednu v každém rohu)
- každá jednotka sleduje funkčnost všech turbín, dodává energii pro regeneraci poškozených nebo nefunkčních turbín, získává a ukládá energii vyrobenou turbínami



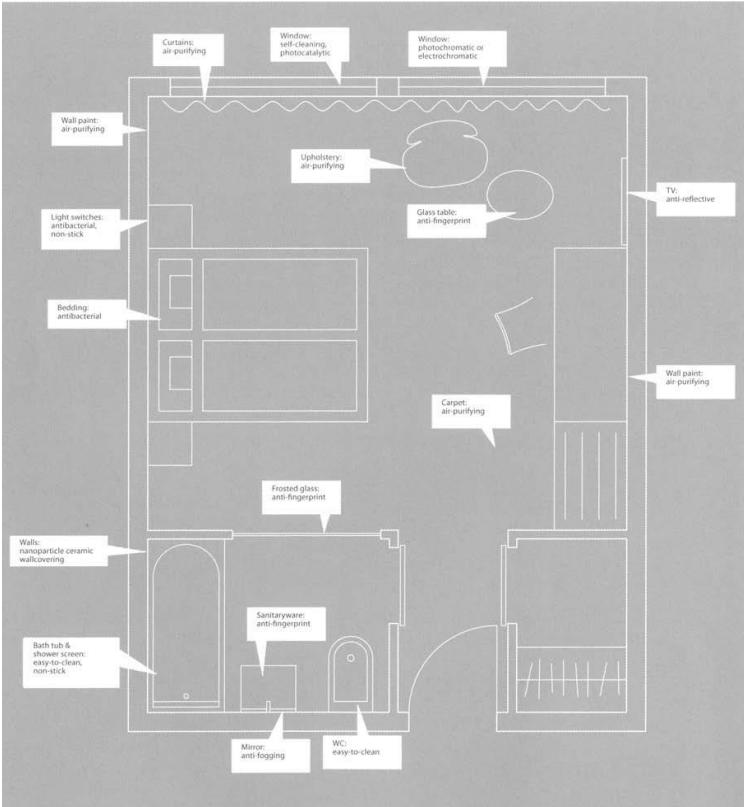
Nano Vent-Skin použita v dálničních tunelech k napájení světel



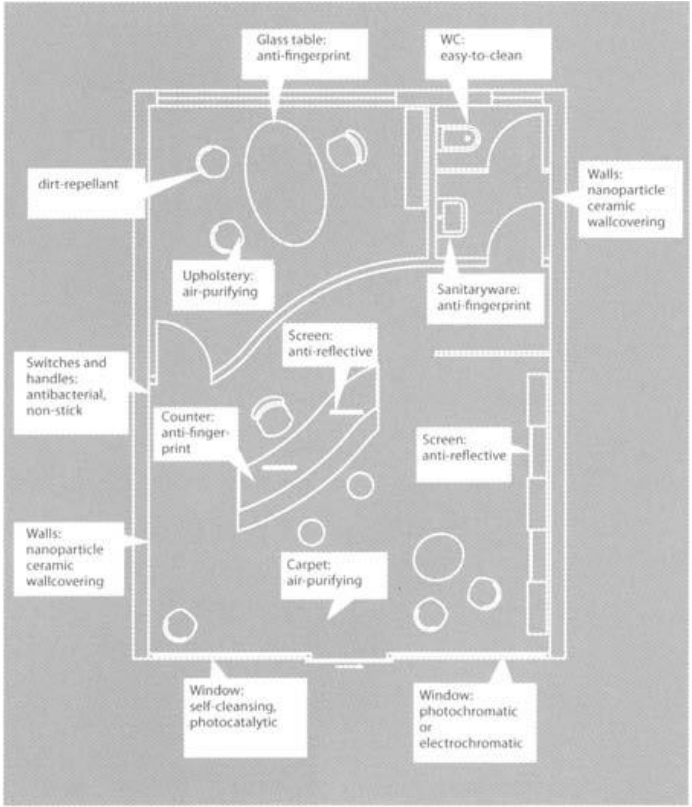
Návrh budovy, který má představovat jak NVS může inspirovat architektonické návrhy a koncepty



▪ půdorys: nemocniční pokoj



▪ půdorys: hotelový pokoj



▪ půdorys: banka



Nanotechnologie v sobě skrývá obrovský potenciál pro snížení energetické náročnosti ve stavebnictví, omezení negativních dopadů stavebního sektoru a zároveň snížení finančních nákladů. Snížení spotřeby neobnovitelných zdrojů a omezení znečišťování ovzduší – CO<sub>2</sub> např. aplikací nano-nátěrů obsahujících oxid titaničitý (TiO<sub>2</sub>) na povrchy vozovek a dlažeb.

Na druhé straně nanotechnologie a nanomateriály představují dosud ne zcela prozkoumanou oblast a není tedy možné zcela předvídat jejich případné negativní dopady. Mezi největší hrozbu nanotechnologie patří nanotoxicita - ohrožení zdraví člověka a životního prostředí. Některé testy ukázaly, že nanočástice mohou vyvolat příznaky podobné symptomům způsobených azbestem. Vdechování částic oxidu titaničitého (TiO<sub>2</sub>) může způsobit zánět plic. Z těchto důvodů je velmi důležité, aby se při práci s nanomateriály používaly masky jako prevence před vdechováním nanočástic a rukavice, které zabrání kožnímu kontaktu.

Další hrozbou je zánik některých výrobních postupů a s tím související nezaměstnanost. Neetické užití nanotechnologie je dalším negativem.

Při projektování a výstavbě domů hraje klíčovou roli cena. Vysoké náklady na vývoj materiálů modifikovaných nanotechnologií je aktuálně jedním z hlavních důvodů, proč se nanomateriály využívají méně než tradiční, levnější materiály.

Se zvýšenou poptávkou po energeticky úsporných stavbách a propagací výhod nanomateriálů, má však nanotechnologie potenciál proniknout na trh a snížit stávající ceny. Komplikovaný a drahý monitoring a kontrola negativních dopadů však přináší nemalou finanční zátěž. Rostoucí globální produkce nanomateriálů má možnost ovlivnit ceny a především posunout země k dovršení cílů daných Pařížskou dohodou o globálním klimatu.

Hlavní problémy, které brání rozšířenému využívání nanotechnologie:

- výše investic
- nedostatek kvalifikovaného personálu
- vysoká cena nanomateriálů
- dobře tlumí vibrace a zvuk

Jaké výhody může přinášet nanotechnologie ve stavebnictví? Aplikace nanotechnologie přidává architektuře nejen na hodnotě, funkčnosti ale zároveň zvyšuje poptávku s ohledem na nové produkty a technologie.

- snížení hmotnosti/objemu - lehkost stavby
- efektivnější využití materiálů
- snížená potřeba údržby
- snížení spotřeby surovin a energie
- snížení emisí CO<sub>2</sub>

